COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 14 JUILLET 1873,

PRÉSIDÉE PAR M. BERTRAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. LE SECRÉTAIRE PERPÉTUEL informe l'Académie que la Société pour l'encouragement des Arts et Manufactures et du Commerce, de Londres, vient de décerner sa grande médaille d'or, *Médaille Albert*, à M. Chevreul, pour ses découvertes en Chimie et pour l'influence qu'elles ont eue sur les arts industriels dans tous les pays.

ASTRONOMIE. — *Théorie de la planète Saturne;* par U.-J. LE VERRIER.

« J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le Chapitre XXI de mes *Recherches astronomiques,* chapitre consacré à la planète Saturne.

» Le travail comprend :

» Les variations séculaires des éléments de l'orbite de la planète;

» Les très-petites perturbations produites par Vénus et par la Terre;

» Les perturbations périodiques du premier et du second ordre, dues à la présence de Jupiter;

» Les inégalités produites par Uranus;

» L'inégalité du second ordre qui dépend de *deux fois* le moyen mouvement de Jupiter, plus *trois fois* le moyen mouvement d'Uranus, moins *six fois* le moyen mouvement de Saturne;

» Enfin les termes dus à l'action de Neptune. »

ANALYSE. — *Sur la fonction exponentielle* (suite); par **M. Hermite.**

» V. Nous devons supposer, comme on l'a vu précédemment, que μ est un grand nombre; c'est ce qui conduit à déterminer, au moyen de la belle méthode donnée par Laplace [*De l'intégration par approximation des différentielles qui renferment des facteurs élevés à de grandes puissances* (*Théorie analytique des Probabilités*, p. 88)], l'expression asymptotique des intégrales

$$\int_0^a e^{-z} f^\mu(z)\,dz, \quad \int_a^b e^{-z} f^\mu(z)\,dz, \ldots, \quad \int_h^\infty e^{-z} f^\mu(z)\,dz,$$

afin d'en conclure pour Δ une valeur approchée, dont le rapport à la valeur exacte soit l'unité pour μ infini. Admettant, à cet effet, que les nombres entiers $a, b, \ldots, h$ soient tous positifs et rangés par ordre croissant de grandeur, de sorte que, dans chaque intégrale, la fonction $e^{-z} f^\mu(z)$, qui s'annule aux limites, ne présente, dans l'intervalle, qu'un seul maximum, je considérerai en premier lieu l'équation

$$\frac{f'(z)}{f(z)} = \frac{1}{\mu},$$

dont dépendent tous ces maxima. Or on sait que ses racines sont réelles et comprises, la première z_1 entre zéro et a, la seconde z_2 entre a et b, et ainsi de suite, la plus grande z_{n+1} étant supérieure à h. Envisagées comme fonctions de μ, il est aisé de voir qu'elles croissent lorsque μ augmente, et qu'en désignant par $p, q, \ldots, s$ les racines de l'équation dérivée $f'(z) = 0$ rangées par ordre croissant de grandeur, on aura, si l'on néglige $\frac{1}{\mu^2}$,

$$z_1 = p + \frac{1}{\mu}\frac{f(p)}{f''(p)}, \quad z_2 = q + \frac{1}{\mu}\frac{f(q)}{f''(q)}, \ldots, \quad z_n = s + \frac{1}{\mu}\frac{f(s)}{f''(s)},$$

et en dernier lieu $z_{n+1} = (n+1)\mu + \frac{a+b+\ldots+h}{n+1}$, une approximation plus grande n'étant pas alors nécessaire. Cela posé, si l'on écrit pour un instant

$$\varphi(z) = \frac{f(z)}{\sqrt{f'^2(z) - f(z)f''(z)}},$$

les valeurs cherchées seront

$$\sqrt{\frac{2\pi}{\mu}}\,e^{-z_1}f^{\mu}(z_1)\,\varphi(z_1),\quad \sqrt{\frac{2\pi}{\mu}}\,e^{-z_2}f^{\mu}(z_2)\,\varphi(z_2),\ldots,\quad \sqrt{\frac{2\pi}{\mu}}\,e^{-z_{n+1}}f^{\mu}(z_{n+1})\varphi(z_{n+1}),$$

mais ces quantités se simplifient comme on va le voir.

» Considérant la première pour fixer les idées, j'observe que nous avons

$$z_1 = p + \frac{1}{\mu}\frac{f(p)}{f''(p)},$$

où p satisfait à la condition $f'(p) = 0$, on en conclut $f(x_1) = f(p)$, en négligeant seulement $\frac{1}{\mu^2}$. Par conséquent, si l'on pose

$$f(z_1) = f(p)\left(1 + \frac{\alpha}{\mu^2} + \frac{\alpha'}{\mu^3} + \ldots\right),$$

puis d'une manière analogue

$$\varphi(z_1) = \varphi(p)\left(1 + \frac{\beta}{\mu} + \frac{\beta'}{\mu^2} + \ldots\right),$$

on aura d'abord

$$f^{\mu}(z_1) = f^{\mu}(p)\left(1 + \frac{\alpha}{\mu} + \ldots\right),$$

et l'on en tire aisément

$$f^{\mu}(z_1)\,\varphi(z_1) = f^{\mu}(p)\,\varphi(p)\left(1 + \frac{\gamma}{\mu} + \frac{\gamma'}{\mu^2} + \ldots\right).$$

» Ainsi, en négligeant seulement des quantités infiniment petites par rapport au terme conservé, nous pouvons écrire

$$\int_0^a e^{-z}f^{\mu}(z)\,dz = \sqrt{\frac{2\pi}{\mu}}\,e^{-p}f^{\mu}(p)\,\varphi(p),$$

et l'on aura de même

$$\int_a^b e^{-z}f^{\mu}(z)\,dz = \sqrt{\frac{2\pi}{\mu}}\,e^{-q}f^{\mu}(q)\,\varphi(q),$$

. . . . ,

$$\int_g^h e^{-z}f^{\mu}(z)\,dz = \sqrt{\frac{2\pi}{\mu}}\,e^{-s}f^{\mu}(s)\,\varphi(s).$$

» Mais, la dernière intégrale $\int_h^{\infty} e^{-z}f^{\mu}(z)\,dz$ est d'une forme analytique différente, en raison de la valeur $z_{n+1} = (n+1)\mu$ qui devient infinie avec μ. Pour y parvenir, je développerai, suivant les puissances descendantes de la

variable, l'expression

$$\log[e^{-z}f^{\mu}(z)\varphi(z)],$$

en négligeant les termes en $\frac{1}{z}$, $\frac{1}{z^2}$, ..., ce qui permet d'écrire

$$\log f(z) = (n+1)\log z, \quad \log\varphi z = \log\frac{z^{n+1}}{\sqrt{(n+1)z^{2n}+\ldots}} = \log\frac{z}{\sqrt{n+1}},$$

et, par suite,

$$\log[e^{-z}f^{\mu}(z)\varphi(z)] = (n\mu+\mu+1)\log z - z - \tfrac{1}{2}\log(n+1).$$

» Après avoir substitué la valeur de z_{n+1}, une réduction facile nous donnera, en faisant, pour abréger,

$$\theta(\mu) = (n\mu+\mu+1)\log(n+1)\mu - (n+1)\mu - \tfrac{1}{2}\log(n+1),$$

cette expression semblable à celle des intégrales eulériennes de première espèce

$$\int_h^{\infty} e^{-z}f^{\mu}(z)\,dz = \sqrt{\frac{2\pi}{\mu}}\,e^{\theta(\mu)}.$$

Maintenant on va voir comment les résultats ainsi obtenus conduisent aisément à la valeur du déterminant Δ.

» VI. J'effectuerai d'abord une première simplification en supprimant, dans les termes de la ligne horizontale de rang i, le facteur $\sqrt{\frac{2\pi}{\mu+i}}$, puis une seconde, en divisant tous les termes d'une même colonne verticale par le premier d'entre eux. Le nouveau déterminant ainsi obtenu, si l'on fait, pour abréger,

$$P = f(p), \quad Q = f(q), \ldots, \quad S = f(s),$$

sera évidemment

$$\begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ P & Q & S & e^{\theta(\mu+1)-\theta(\mu)} \\ P^2 & Q^2 & S^2 & e^{\theta(\mu+2)-\theta(\mu)} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots\cdots \\ P^n & Q^n & S^n & e^{\theta(\mu+n)-\theta(\mu)} \end{vmatrix}.$$

» Or on voit que μ ne figure plus que dans une colonne, dont les termes croissent d'une telle manière que le dernier $e^{\theta(\mu+n)-\theta(\mu)}$ est infiniment plus grand que tous les autres. Nous avons en effet

$$\theta(\mu+i) = \theta(\mu) + i\theta'(\mu) + \frac{i^2}{2}\theta''(\mu) + \ldots$$
$$= \theta(\mu) + i\left[\frac{1}{\mu} + (n+1)\log(n+1)\mu\right] + \frac{i^2}{2}\left(-\frac{1}{\mu^2} + \frac{n+1}{\mu}\right) + \cdots,$$

et par conséquent, si l'on néglige $\frac{1}{\mu}$, $\frac{1}{\mu^2}$, ...,

$$\theta(\mu + i) - \theta(\mu) = i(n+1)\log(n+1)\mu,$$

d'où

$$e^{\theta(\mu+i)-\theta(\mu)} = [(n+1)\mu]^{i(n+1)}.$$

En ne conservant donc dans le déterminant que le terme en μ de l'ordre le plus élevé, il se réduit simplement à cette expression

$$[(n+1)\mu]^{n(n+1)} \begin{vmatrix} 1 & 1 & 1 \\ P & Q & S \\ P^2 & Q^2 & S^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ P^{n-1} & Q^{n-1} & S^{n-1} \end{vmatrix}.$$

» Il en résulte qu'on ne peut, en général, admettre que le déterminant proposé Δ s'annule, car les quantités $P = f(p)$, $Q = f(q)$,..., fonctions entières semblables des racines $p, q,\ldots$, de l'équation dérivée $f'(x) = 0$ seront comme ces racines différentes entre elles. C'est ce qu'il fallait établir pour démontrer l'impossibilité de toute relation de la forme

$$N + e^a N_1 + e^b N_2 + \ldots + e^h N_n = 0,$$

et arriver ainsi à prouver *que le nombre e ne peut être racine d'une équation algébrique de degré quelconque à coefficients entiers.*

» Mais une autre voie conduira à une seconde démonstration plus rigoureuse; on peut en effet, comme on va le voir, étendre aux fractions rationnelles

$$\frac{\Phi_1(x)}{\Phi(x)}, \quad \frac{\Phi_2(x)}{\Phi(x)}, \ldots, \quad \frac{\Phi_n(x)}{\Phi(x)}$$

le mode de formation des réduites donné par la théorie des fractions continues, et par là mettre plus complétement en évidence le caractère arithmétique d'une irrationnelle non algébrique. Dans cet ordre d'idées, M. Liouville a déjà obtenu un théorème remarquable qui est l'objet de son travail intitulé : *Sur des classes très-étendues de quantités dont la valeur n'est ni algébrique, ni même réductible à des irrationnelles algébriques* (*), et je rappellerai aussi que l'illustre géomètre a démontré le premier la proposition qui est le sujet de ces recherches pour les cas de l'équation du second degré et de

(*) *Comptes rendus*, t. XVIII, p. 883 et 910.

l'équation bicarrée [*Journal de Mathématiques* (*Note sur l'irrationnalité du nombre e*, t. V, p. 192)]. Sous le point de vue auquel je me suis placé, voici la première proposition à établir.

» VII. Soient : $F(z)$, $F_1(z)$,..., $F_{n+1}(z)$ les polynômes déduits de l'expression

$$z^{\mu}(z-a)^{\mu_1}(z-b)^{\mu_2}\ldots(z-h)^{\mu_n},$$

lorsqu'on attribue aux exposants μ, μ_1,..., μ_n, $n+2$ systèmes différents de valeurs entières et positives. En représentant, en général, par $\frac{\Phi_i^k(x)}{\Phi^k(x)}$ les fractions convergentes vers les exponentielles, qui correspondent à l'un quelconque d'entre eux $F_k(z)$, on pourra toujours déterminer les quantités A, B, C,..., L par les équations suivantes :

$$\begin{aligned}
&A\Phi(x) + B\Phi^1(x) + C\Phi^2(x) + \ldots + L\Phi^{n+1}(x) = 0,\\
&A\Phi_1(x) + B\Phi_1^1(x) + C\Phi_1^2(x) + \ldots + L\Phi_n^{n+1}(x) = 0,\\
&\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\
&A\Phi_n(x) + B\Phi_n^1(x) + C\Phi_n^2(x) + \ldots + L\Phi_n^{n+1}(x) = 0.
\end{aligned}$$

Mais, au lieu de conclure de telles relations des polynômes $\Phi_i^k(x)$ supposés connus, notre objet est de les obtenir directement et *a priori;* je vais établir pour cela qu'il existe, entre les intégrales indéfinies

$$\int e^{-zx}F(z)\,dz,\quad \int e^{-zx}F_1(z)\,dz,\ldots,\quad \int e^{-zx}F_{n+1}(z)\,dz,$$

une équation de la forme

$$\mathcal{A}\int e^{-zx}F(z)\,dz + \mathcal{B}\int e^{-zx}F_1(z)\,dz + \ldots + \mathcal{L}\int e^{-zx}F_{n+1}(z)\,dz = e^{-zx}\Theta(z),$$

les coefficients $\mathcal{A}$, $\mathcal{B}$,..., $\mathcal{L}$ étant indépendants de z, et $\Theta(z)$ un polynôme entier divisible par $f(z)$. Si l'on fait, en effet,

$$\mathcal{F}_k(z) = \frac{F_k(z)}{x} + \frac{F_k'(z)}{x^2} + \frac{F_k''(z)}{x^3} + \ldots,$$

on aura

$$\begin{aligned}
&\mathcal{A}\int e^{-zx}F(z)\,dz + \mathcal{B}\int e^{-zx}F_1(z)\,dz + \ldots + \mathcal{L}\int e^{-zx}F_{n+1}(z)\,dz\\
&\quad = -e^{-zx}\left[\mathcal{A}\mathcal{F}(z) + \mathcal{B}\mathcal{F}_1(z) + \ldots + \mathcal{L}\mathcal{F}_{n+1}(z)\right],
\end{aligned}$$

et il est clair que les rapports $\frac{\mathcal{B}}{\mathcal{A}}$, $\frac{\mathcal{C}}{\mathcal{A}}$, ..., $\frac{\mathcal{L}}{\mathcal{A}}$ pourront être déterminés, et

d'une seule manière, par la condition supposée que le polynôme

$$\Theta(z) = -[\mathcal{A}\mathcal{F}(z) + \mathcal{B}\mathcal{F}_1(z) + \ldots + \mathcal{L}\mathcal{F}_{n+1}(z)]$$

contienne comme facteur $f(z) = z(z-a)(z-b)\ldots(z-h)$. Nous conclurons de là en prenant les intégrales entre les limites $z = 0$ et $z = a$, par exemple

$$\mathcal{A}\int_0^a e^{-zx}\,F(z)\,dz + \mathcal{B}\int_0^a e^{-zx}F_1(z)\,dz + \ldots + \mathcal{L}\int_0^a e^{-zx}\,F_{n+1}(z)\,dz = 0.$$

» Maintenant les relations

$$\int_0^a e^{-zx}\,F(z)\,dz = \frac{e^{ax}\Phi(x) - \Phi_1(x)}{e^{ax}\,x^{M+1}},$$

$$\int_0^a e^{-zx}F_1(z)\,dz = \frac{e^{ax}\Phi^1(x) - \Phi_1^1(x)}{e^{ax}\,x^{M_1+1}}, \ldots$$

donneront, en égalant séparément à zéro, le terme algébrique et le coefficient de l'exponentielle e^{ax}, si l'on fait, pour abréger,

$$A = \frac{\mathcal{A}}{x^{M+1}}, \quad B = \frac{\mathcal{B}}{x^{M_1+1}}, \ldots, \quad L = \frac{\mathcal{L}}{x^{M_{n+1}+1}},$$

les égalités suivantes :

$$A\Phi(x) + B\Phi^1(x) + \ldots + L\Phi^{n+1}(x) = 0,$$

$$A\Phi_1(x) + B\Phi_1^1(x) + \ldots + L\Phi_1^{n+1}(x) = 0.$$

» Or on aura de même, en prenant pour limites supérieures des intégrales $z = b, c, \ldots, h$,

$$A\Phi_2(x) + B\Phi_2^1(x) + \ldots + L\Phi_2^{n+1}(x) = 0,$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,$$

$$A\Phi_n(x) + B\Phi_n^1(x) + \ldots + L\Phi_n^{n+1}(x) = 0,$$

et il est aisé de voir que les coefficients A, B,..., L pourront être supposés des polynômes entiers en x. L'intégrale $\int_0^1 e^{-zx} z^m (z-1)^m dz$, qui figure dans la relation précédemment considérée (p. 21),

$$e^x\Pi(x) - \Pi_1(x) = \frac{x^{2m+1}e^x}{1.2.3\ldots m}\int_0^1 e^{-zx} z^m (z-1)^m dz,$$

nous servira d'abord d'exemple. »

ASTRONOMIE. — *Note sur le régulateur isochrone, construit par M.* Bréguet, *pour l'observation du passage de Vénus à Yokohama;* par M. **Yvon Villarceau.**

« L'Académie peut se rappeler que l'année dernière (le 10 juin) j'ai eu l'honneur de mettre sous ses yeux le premier spécimen d'un régulateur isochrone, établi sur les principes d'une théorie exacte. L'artiste n'avait eu à se préoccuper d'autre soin que celui de se conformer aux indications précises de la théorie : ce but, faute d'un outillage spécial, n'avait pas été atteint sans quelque difficulté. Toutefois ce premier essai permettait d'espérer qu'en prenant les dispositions nécessaires on parviendrait directement à réaliser un appareil qui n'eût à recevoir ultérieurement aucune retouche.

» Une occasion se présentait de tenter l'application sérieuse du nouvel instrument. En présence du résultat obtenu en 1872, la Commission du passage de Vénus a bien voulu autoriser la construction d'un régulateur isochrone pour la station de Yokohama, et m'a confié le soin d'en surveiller l'exécution. L'instrument étant terminé et ayant été soumis aux vérifications expérimentales nécessaires, j'aurai l'honneur aujourd'hui de présenter à l'Académie les résultats qui ont été obtenus.

» Au point de vue de la construction, le nouvel appareil de M. Bréguet offre un magnifique spécimen des produits de l'horlogerie française : aussi l'Académie apprendra-t-elle, sans étonnement, que l'instrument doive figurer à l'Exposition universelle de Vienne, circonstance qui nous prive actuellement de le mettre sous les yeux de l'Académie.

» Le nouveau régulateur se compose, comme le premier, de trois systèmes articulés, munis d'ailettes et disposés symétriquement autour de l'axe vertical central. Il importait que ces trois systèmes présentassent entre eux la plus parfaite égalité, que les longueurs des tiges articulées fussent parfaitement égales, ainsi que les distances des points d'articulations à l'axe central. C'est particulièrement pour réaliser ces diverses conditions qu'il était nécessaire de recourir à des dispositions spéciales que M. Bréguet a dû imaginer et dont le succès nous semble mis hors de doute par les résultats numériques qui vont être exposés.

» La durée des oscillations d'un pendule varie avec l'intensité de la pesanteur ; il en est de même de la durée des révolutions du régulateur isochrone, et les variations proportionnelles de l'une et de l'autre de ces

durées suivent exactement la même loi. En conséquence, l'artiste chargé de la construction de l'équatorial destiné à la station de Yokohama, ayant fixé le nombre de tours par seconde que devait faire le régulateur dans cette station, il a fallu en déduire le nombre de tours que le même appareil établi à Paris ferait dans le même temps, et l'on a trouvé, par seconde de temps sidéral, le nombre de $8^t,99840$. A ce nombre correspond une durée de $100^s,0177$ pour 900 tours du régulateur. Il détermine d'ailleurs la distance des points d'articulation des tiges oscillantes à l'axe central et la fixe à $2^{cm},364$.

» Préalablement, nous avions fait l'étude d'un deuxième type de régulateurs isochrones, dans lequel la longueur des tiges oscillantes avait été arbitrairement prise de 4 centimètres, et à laquelle correspond une distance de points d'articulation à l'axe central, qui est de $3^{cm},829$. Le rapport du nombre précédent à celui-ci étant 0,6175, il a suffi, conformément aux théorèmes concernant la similitude des régulateurs isochrones, de multiplier par ce coefficient toutes les dimensions linéaires du type considéré, pour obtenir les dimensions d'un appareil isochrone devant faire à Paris $8^t,99840$ par seconde de temps sidéral : les poids ont été obtenus en multipliant ceux du deuxième type par le cube du même coefficient.

» Le deuxième type diffère de celui réalisé en 1872, par les proportions de quelques pièces, par les dispositions relatives aux articulations, et particulièrement en ce qui concerne la situation donnée aux masses réglantes. Les tiges filetées qui supportent ces masses ont été implantées sur la face du parallélépipède opposée à celle qui regarde les ailettes. Par cette disposition, on évite l'indétermination plus ou moins accentuée de la position des masses réglantes qui se présentait dans la disposition primitive, et l'on augmente notablement la sensibilité de l'appareil. Le nouveau régulateur est effectivement doué d'une sensibilité remarquable, et les moindres irrégularités de la denture du mouvement d'horlogerie le font osciller. Des difficultés de construction, qui ont d'ailleurs été facilement surmontées, s'étaient opposées à ce qu'on adoptât tout d'abord cette disposition.

» Dès que l'instrument a été terminé, on a constaté que la vitesse requise était réalisée de très-près et que l'isochronisme laissait peu à désirer. Nous avons expliqué l'année dernière les causes qui s'opposent à ce que le résultat obtenu soit exactement d'accord avec la théorie : les densités des métaux employés ne sont pas exactement égales à celles sur lesquelles on comptait, les mesures linéaires et les poids ne pourraient aisément être réalisés au millième de millimètre ou au milligramme près, d'où la néces-

sité de corriger l'appareil en déplaçant les masses réglantes, conformément aux indications du calcul appliqué aux observations du mouvement de l'appareil.

» Il a suffi de déplacer ces masses de quelques filets pour obtenir les résultats suivants :

Observations faites le 1er juillet 1873.

Poids moteur.	Angle de l'axe des ailettes avec la verticale.	Durée de 900 tours en temps sidéral.
kg	o	s
32,4	40,74	100,10
27,4	36,70	100,13
21,4	31,79	100,09
17,4	26,68	100,07
13,9	22,11	99,95
10,9	17,43	99,91
8,6	12,45	100,07
6,9	8,27	100,31

» Chacun de ces résultats a été obtenu au moyen d'observations faites de 900 en 900 tours, ou à des intervalles d'environ 100 secondes, qui ont duré vingt minutes. Au dernier correspond une obliquité des tiges qui produit, dans les articulations, des pressions et par suite des frottements trop considérables pour un bon fonctionnement de l'appareil : aussi n'en tiendrons-nous aucun compte.

» En ne considérant donc que les sept premiers, on constate que, pour des charges variables de $8^{kg},6$ à $32^{kg},4$, les écarts de la durée de 900 tours par rapport à la moyenne n'excèdent pas $\pm 0^{s},1$; en d'autres termes l'isochronisme est réalisé à $\frac{1}{1000}$ près.

» Nous avons reconnu par le calcul qu'on ne réussirait pas, au moyen d'un nouveau déplacement des masses réglantes, à atténuer l'une de ces discordances, sans en aggraver ou en faire naître d'autres. La cause de ces anomalies et la possibilité de les réduire feront l'objet de nos investigations quand l'appareil sera revenu de Vienne.

» Quoi qu'il en soit, l'isochronisme réalisé sera largement suffisant, dans la plupart des cas, entre les limites correspondant aux charges de $8^{kg},6$ et $32^{kg},4$. Si, cependant, on voulait obtenir plus de précision, il suffirait de restreindre les positions des ailettes entre les limites $40^{o},74$ et $26^{o},68$, lesquelles répondent aux charges de $32^{kg},4$ et $17^{kg},4$; alors le défaut d'isochronisme se trouverait réduit à $\frac{1}{3000}$. Enfin, et c'est le cas de la pratique ordinaire, on peut, avec un bon rouage d'horlogerie, restreindre considé-

rablement l'amplitude du mouvement des ailettes, et, quelle que soit d'ailleurs leur position, *l'appareil conservera pendant très-longtemps la régularité de marche d'un chronomètre :* c'est ce qui résulte des observations faites par des positions sensiblement constantes des ailettes, où les erreurs se réduisent simplement à celles des observations ou à $\pm 0^s,07$ en moyenne.

» Nous terminerons cette Note en présentant le résultat de la 2e série d'observations faites le 12 juillet. Dans ces séries, qui ont duré une demi-heure, on agissait sur le mouvement d'horlogerie au moyen d'un frein serré arbitrairement; il avait seulement été recommandé à l'opérateur de ne pas faire dépasser aux ailettes les positions extrêmes $40^\circ,7$ et $12^\circ,4$. Les observations ont été faites de 450 en 450 tours du régulateur, ou à des intervalles d'environ cinquante secondes, de sorte que chaque série comprend trente-sept observations. Voici les erreurs de la marche de l'instrument comparée avec celle d'un chronomètre (l'unité étant le dixième de seconde):

2e *série*... $+3 +2 +2 +1 +3 +1 \quad 0 -1 -2 -4 -2 \quad 0 \quad 0 -3$
$-1 \quad 0 \quad 0 +1 \quad 0 \quad 0 -1 -1 +1 \quad 0 +1 \quad 0 \quad 0 \quad 0$
$-2 -2 -2 -1 +3 \quad 0 +3 +1 +1$.

Erreur moyenne d'une observation isolée ...... $= \pm 0,17$
» probable » ...... $\pm 0,11$

» Les erreurs dues à l'instrument sont en réalité un peu moindres, puisque les précédentes sont affectées des erreurs d'observation.

» Les détails que nous venons de présenter montrent que le nouveau régulateur pourra conduire l'équatorial auquel il est destiné avec une extrême précision; nous y comptons d'autant plus que l'artiste, qui est chargé de la construction de cet équatorial, M. Eichens, saura maintenir une réputation légitimement acquise.

» Qu'il nous soit permis, en terminant, de remercier M. Bréguet pour les soins et le dévouement qu'il a mis à perfectionner un appareil dont il n'est pas l'auteur, et de signaler l'habileté de M. Roger, auquel M. Bréguet a confié le soin d'exécuter cette belle pièce d'horlogerie. »

ÉLECTRO-CHIMIE. — *Sur le mode d'intervention de l'eau dans les actions chimiques pendant le mélange des solutions salines neutres, acides et alcalines* (premier Mémoire); par M. **Becquerel**. (Extrait.)

« Les actions chimiques qui ont lieu dans le mélange des dissolutions salines, acides et alcalines sont accompagnées d'effets calorifiques et électriques qui peuvent servir à faire connaître le mode d'intervention de l'eau dans les effets produits. Les appareils calorimétriques donnent la mesure des quantités de chaleur dégagées; mais, pour déterminer l'intensité des effets électriques produits, il faut évaluer la force électromotrice qui a lieu lors de l'action de l'eau sur chacune des dissolutions, puis celle qui se manifeste pendant l'action des dissolutions les unes sur les autres.

» On entend par force électromotrice la cause en vertu de laquelle deux corps en contact se constituent dans deux états électriques différents par suite d'actions physiques, chimiques ou mécaniques. On mesure cette force par l'intensité du courant qu'elle produit dans un circuit fermé, et la comparant à celle d'un autre courant pris pour unité, les deux circuits ayant la même conductibilité électrique, ou bien en opposant dans le circuit un courant de force électromotrice variable et déterminée, de façon à contrebalancer son effet.

» La force électromotrice dans les actions chimiques est en rapport même avec leur énergie plus ou moins grande.

» M. Berthelot étudie cette question depuis déjà plusieurs années à l'aide du calorimètre. Il a publié son premier Mémoire, dans les *Annales de Chimie et de Physique* (4e série, t. XXIX, p. 94), sur l'état des corps dans les combinaisons, lequel renferme des faits importants, qui doivent être pris en considération dans l'analyse des effets électriques produits pendant le mélange des dissolutions salines, effets qui peuvent également montrer comment agissent dans les réactions l'eau et les parties constituantes des dissolutions. Ces faits mettent en outre en évidence un principe nouveau que nous indiquerons plus loin.

» Notre confrère s'est demandé quel rôle physique et chimique remplit le dissolvant, notamment l'eau dans le mélange de deux dissolutions; y a-t-il simplement dissolution, ou bien le dissolvant exerce-t-il une action propre sur un des éléments de sels, soit en formant un nouveau composé, soit en opérant une décomposition? Il a cherché, en un mot, dans quel état se trouvent les parties constituantes des sels à l'instant où les réactions s'opèrent; ces questions se présentent à l'esprit quand on cherche à con-

naître le mécanisme en vertu duquel s'opère l'action réciproque de dissolution, dont le dissolvant est le même. Une base se répartit-elle entre deux acides ou un acide entre deux bases? D'après quels principes sont formés les précipités qui se forment quelquefois dans le mélange? Avant d'aborder cette question, M. Berthelot s'est d'abord occupé des combinaisons formées avec les acides et les éthers. Il a reconnu, à l'aide d'essais alcalimétriques, que l'eau et les alcalis les décomposent très-lentement et progressivement, suivant une loi régulière et jusqu'à une limite. Parmi les résultats auxquels ses recherches calorimétriques l'ont conduit, je rapporterai le suivant, ainsi que l'explication qu'il en a donnée : si l'on met en présence le sulfate d'ammoniaque avec l'eau et un carbonate de potasse, quelques dix millièmes du premier sel se trouvent décomposés par l'eau seule, en acide sulfurique et ammoniaque, tenus en équilibre par l'antagonisme de l'eau et du sel neutre; mais l'addition du carbonate de potasse trouble cet équilibre, l'acide sulfurique libre ne pouvant subsister en sa présence, parce que la formation du sulfate de potasse dégage plus de chaleur que celle du carbonate; ce dernier sel est décomposé complétement par l'acide sulfurique équivalent, même lorsque les dissolutions sont étendues. On voit par là quel est le mécanisme en vertu duquel le sulfate d'ammoniaque et le carbonate de soude se décomposent réciproquement. Les sels ammoniacaux et métalliques se comportent de même dans le mélange de leurs dissolutions.

» Les effets électriques produits dans le mélange de ces dissolutions conduisent à des conséquences à peu près semblables, et permettent même de les généraliser.

» Voici la marche que j'ai suivie pour atteindre le but que je m'étais proposé; j'ai commencé par déterminer les forces électromotrices produites au contact des dissolutions et de l'eau et des dissolutions entre elles. La mesure de ces effets a permis de mettre en évidence les lois dont il sera question plus loin.

» Les appareils employés pour la détermination des forces électromotrices se composent des parties suivantes :

» 1° De tubes fêlés, dont les fêlures n'ont que quelques millièmes de millimètres d'étendue; d'éprouvettes dans lesquelles on les introduit après les avoir remplis de liquides convenables et où plongent des lames d'or ou de platine fixées à des fils de même métal, destinés à les mettre en communication avec un galvanomètre ou autre appareil;

» 2° D'un galvanomètre très-sensible dont l'aiguille garde parfaitement le zéro;

» 3° De deux piles à courant constant, formées l'une de couples de zinc amalgamé, zinc pur, d'une dissolution de sulfate de zinc parfaitement saturée et d'un diaphragme poreux en porcelaine dégourdie; cette pile fournit des couples étalons(1); l'autre pile est composée de couples à cadmium, dissolution de sulfate de cadmium, zinc amalgamé, sulfate de zinc, diaphragme poreux; un couple de cette dernière équivaut à 45 de l'autre environ.

» On opère comme il suit : on met en opposition le couple dont on veut connaître la force électromotrice avec la pile étalon, en introduisant l'un et l'autre dans le circuit d'un galvanomètre, puis on cherche combien il faut ajouter de couples étalons pour ramener l'aiguille à zéro; le nombre de couples nécessaires donne la mesure de la force électromotrice cherchée, dont l'unité est la force motrice du couple étalon; ce procédé a l'avantage de faire connaître, dans la réaction de deux liquides l'un sur l'autre, la nature de cette réaction, c'est-à-dire de montrer celui qui se comporte comme acide ou comme alcali, par rapport à l'autre, puis son intensité; il y a certaines précautions à prendre pour avoir l'effet produit indépendamment des actions exercées par les liquides sur les électrodes; elles sont indiquées dans le Mémoire.

» On a commencé par chercher l'état électrique de l'eau distillée dans son contact avec diverses dissolutions salines; on a trouvé que l'eau est positive, et, par conséquent, joue le rôle d'acide à l'égard des dissolutions de sulfate de potasse, de soude, de magnésie, d'ammoniaque, etc., de nitrate de potasse, de soude, de magnésie, de baryte, de strontiane, de chaux, etc.; elle est négative, au contraire, par rapport aux dissolutions de chlorure de baryum, de strontium, de magnésium, de calcium, etc.

» En opérant 1° avec une dissolution saturée de sulfate d'ammoniaque introduite dans un tube fêlé, plongeant dans de l'eau distillée; 2° avec une dissolution de carbonate de soude et l'eau distillée; 3° avec les deux dissolutions placées l'une dans un tube fêlé, l'autre dans une éprouvette. Les moyennes des dix expériences ont donné, pour forces électromotrices,

Première série d'expériences.

			Force électromotrice.
1er couple.	Sulfate d'ammoniaque......	—	..... 18,7.
	Eau distillée..........	+	
2e couple.	Carbonate de soude......	—	..... 38,9.
	Eau..................	+	
3e couple.	Sulfate d'ammoniaque....	+	..... 21.
	Carbonate de soude......	—	

(1) *Voir* les *Comptes rendus*, t. LXX, p. 74 (1840), Mémoire de M. Ed. Becquerel.

» Ces résultats indiquent sur-le-champ que la force électromotrice du 2e couple est égale à la somme des forces électromotrices des deux autres. Il résulte de là que la force électromotrice du 3e couple est égale à la différence des forces électromotrices du 2e et du 1er couple à 0,8 près. Les courants produits par les deux premiers couples sont dirigés en sens contraire, l'eau étant positive; on verra plus loin la conséquence à en tirer.

Deuxième série d'expériences.

			Force électromotrice.
1er couple.	Sulfate d'ammoniaque....	+	..... 9.
	Chlorure de baryum.....	—	
2e couple.	Sulfate d'ammoniaque....	—	..... 20.
	Eau..................	+	
3e couple.	Chlorure de baryum......	—	..... 11.
	Eau..................	+	

» On voit encore, dans cette série d'expériences, que la force électromotrice du 1er couple est égale à la différence des deux autres.

» Les résultats consignés dans ces deux séries d'expériences sont faciles à expliquer; considérons d'abord les résultats de la première série.

» L'eau étant positive par rapport à la dissolution de sulfate d'ammoniaque, c'est une preuve qu'elle réagit sur ce sel; elle attire à elle une très-faible portion d'ammoniaque, et la dissolution devient négative, l'eau positive. L'ammoniaque se trouve attirée, d'autre part, par les actions antagonistes de l'acide et du sel; il en résulte un état d'équilibre qui est troublé par la présence d'un autre élément; or il en est de même dans le couple où se trouve le carbonate de soude, l'eau étant encore positive.

» Cela posé, si l'on considère le couple sulfate d'ammoniaque et carbonate de soude, il faut que l'eau de la dissolution du carbonate réagisse sur le sulfate comme celle du sulfate sur le carbonate, puisque la force électromotrice des deux dissolutions est égale à la différence des deux autres, en même temps que les deux courants sont dirigés en sens contraire. La loi est vérifiée également dans les résultats de la deuxième série. Les effets électriques observés résultent seuls de la réaction de l'eau sur les deux sels, attendu que l'échange de base, qui est le résultat d'une double décomposition, ne trouble jamais l'équilibre des forces électriques.

» Il n'en est plus de même dans la réaction des dissolutions acides sur les dissolutions alcalines, attendu que, indépendamment de l'action de l'eau sur les dissolutions, il y a encore celle de l'acide sur l'alcali. L'expérience confirme cet état de choses.

Troisième série d'expériences.

			Force électromotrice.
1er couple.	Acide azotique..........	+	..... 122.
	Potasse...............	—	
2e couple.	Potasse...............	—	..... 43.
	Eau..................	+	
3e couple.	Acide azotique..........	+	..... 72.
	Eau..................	—	

» Ces résultats indiquent que la force électromotrice des deux dissolutions, ou celle du 1er couple, est égale à la somme des forces électromotrices des deux autres, plus un excédant de 7, qui ne peut provenir que de la réaction de l'acide sur la potasse, l'un et l'autre anhydres.

Quatrième série d'expériences.

			Force électromotrice.
1er couple.	Acide azotique..........	+	..... 120.
	Ammoniaque...........	—	
2e couple.	Acide azotique..........	+	..... 70.
	Eau..................	—	
3e couple.	Ammoniaque...........	—	..... 45.
	Eau..................	+	

» Mêmes conséquences à tirer, si ce n'est que la différence est de 5 au lieu de 7. Les rapports entre les forces électromotrices sont exacts, mais non tout à fait la valeur absolue de chacune d'elles, vu les causes d'erreur que l'on rencontre quelquefois, et sur lesquelles je reviendrai dans un autre Mémoire. La méthode que je viens d'exposer pour analyser les réactions partielles qui ont lieu dans le mélange de deux dissolutions peut être employée également dans le mélange de trois dissolutions; il suffit, pour cela, de chercher la force électromotrice de chacune des dissolutions des composantes dans leur contact avec l'eau et celle de ces dissolutions entre elles. J'ai décrit ensuite un procédé très-simple, à l'aide duquel on vérifie l'exactitude des résultats obtenus, lequel consiste à mettre en opposition les couples ou les assemblages de couples qui sont égaux ou présentent des différences, et à les introduire dans le circuit d'un galvanomètre : si l'aiguille aimantée reste à zéro, c'est une preuve que les forces électromotrices sont égales; si elle est déviée, on détermine la force électromotrice qui correspond à la déviation.

» On déduit des faits consignés dans le Mémoire les conséquences suivantes :

» 1° Dans le mélange de deux dissolutions salines neutres donnant lieu

à des doubles décompositions, ces décompositions s'opèrent par l'intermédiaire des réactions de l'eau sur les parties constituantes des sels.

» 2° Dans la réaction des dissolutions acides sur les dissolutions alcalines, l'eau est encore le principal agent par l'intermédiaire duquel elle s'opère. L'affinité de l'acide pour l'alcali, l'un et l'autre anhydres, entre pour une partie, faible à la vérité, dans la production des forces électromotrices.

» Les recherches dont je viens de rendre compte à l'Académie sont à leur début; elles exigeront beaucoup de temps pour être complétées et permettent d'envisager l'électro-chimie sous un nouveau point de vue.

» Les expériences dont il s'agit exigent le concours de deux personnes, à cause des manœuvres à opérer et des préparations à faire. J'ai été aidé, comme précédemment, par M. Guerout, que M. le Ministre de l'Instruction publique a bien voulu attacher à mon laboratoire. »

PHYSIQUE. — *Sur les modifications du pouvoir magnétique de l'acier par la trempe ou le recuit;* par M. **J. Jamin.**

« La méthode que j'emploie pour apprécier la puissance d'un aimant consiste à placer sur le point qu'on veut étudier un petit contact d'épreuve en fer doux et à mesurer la force d'arrachement, en grammes, au moyen d'un ressort gradué, que l'on tend peu à peu. Mais comme cette force dépend de la grosseur et de la forme de ce contact, il est nécessaire d'en fixer les dimensions, si l'on veut rapporter toutes les mesures à une unité définie et qui puisse être aisément reproduite. Je propose de constituer ce contact par un fil de fer doux, de section égale à 1 millimètre et de longueur assez grande pour qu'on puisse la considérer comme infinie.

» Il n'est pas nécessaire de réaliser ce contact, car je me suis assuré que la force d'arrachement est toujours proportionnelle à la section des fils employés. On pourra donc en prendre un quelconque, et diviser la force observée par la section pour avoir le résultat qui convient au fil unité. On pourra même donner au contact d'épreuve une forme quelconque, arrondie par le bas, ce qui en rend l'emploi plus commode, et chercher, une fois pour toutes, le rapport de ses indications à celles du contact unité. C'est ce que je ferai à l'avenir.

» Cette convention faite, je vais étudier comment varie la faculté magnétique des divers aciers, après qu'on les a trempés ou recuits. Je chauffe les barreaux au rouge, dans un moufle, au milieu d'un fourneau à gaz, du système Perrot; je les trempe à l'eau et je les fais revenir sur plusieurs cha-

lumeaux à gaz alignés. Après ces opérations, je les aimante dans une spirale formée de 376 mètres de fil de cuivre, de 2 millimètres de section, en y faisant passer le courant d'une pile ordinairement composée de 12 éléments Bunsen. J'ai opéré sur des barreaux à peu près égaux, peu longs (30 centimètres), assez larges et assez épais pour que, étant aimantés à saturation, ils constituent des aimants normaux. J'ai montré que, dans ce cas, la force d'arrachement, à l'extrémité, est proportionnelle à la longueur l, de sorte que le quotient de cette force par cette longueur est pour chaque acier une constante qui mesure sa qualité.

» Il y a deux cas à distinguer : 1° On mesurera la force d'arrachement F pendant le passage du courant, c'est-à-dire l'aimantation temporaire, celle qu'on observe dans les électro-aimants : elle varie avec l'intensité du courant, avec les dimensions du barreau ; mais, si toutes ces choses sont égales, $\frac{F}{l} = H$ est proportionnel au *pouvoir magnétique* de la matière employée et peut servir à le représenter. 2° On mesurera ensuite la force d'arrachement f, après que le courant sera interrompu : force de saturation, indépendante de l'intensité primitive du courant, ainsi que de la largeur et de l'épaisseur du barreau, mais proportionnelle à l; de sorte que $\frac{f}{l} = k$ sera, pour un même acier, un coefficient invariable, que nous nommerons *coefficient de polarité*. Il mesure la faculté, non de prendre, mais de garder le magnétisme. H et k ne varient point de la même manière; pour le fer doux H est très-grand, k est nul; pour les aciers trempés, H est moindre et k prend des valeurs d'autant plus grandes que l'aimant est meilleur.

» *Aciers trempés*. — Le fer doux ne durcit pas quand on le trempe ; mais il en est autrement des aciers : ceux qui sont pauvres en carbone prennent peu de dureté, ceux qui ont une richesse moyenne deviennent élastiques et résistent à la lime ; quant à ceux qu'on a fortement cémentés et qui ont été martelés, ils deviennent fragiles comme le verre et perdent toute solidité : on dit alors qu'ils sont brûlés. Or le fer doux est de toutes les substances celle qui prend le plus grand magnétisme temporaire ; les aciers trempés en reçoivent beaucoup moins, et d'autant moins que l'effet produit sur eux par la trempe a été plus énergique. H va donc en diminuant depuis le fer doux jusqu'aux aciers les plus riches et les plus durs. Ces derniers se montrent rebelles à l'aimantation ; on peut dire qu'ils sont analogues au manganèse et au nickel et qu'ils perdent presque entièrement toute faculté magnétique. Pour en donner une idée, je citerai un échantillon d'acier fondu très-dur, qui m'avait été remis par M. Dalifol, un de nos plus habiles fabricants d'acier. Cet échantillon avait été martelé et ensuite recémenté.

Recuit au rouge, il offrait une force d'arrachement considérable, égale à 1290 grammes pour un courant de 12 éléments. Il fut trempé ensuite, puis remis dans les mêmes conditions, et la force d'arrachement se réduisit à 75 grammes, c'est-à-dire à rien. On peut même se demander si une trempe encore plus vive ne ferait pas disparaître en totalité ce reste de pouvoir magnétique, si même l'effet ne changerait pas de signe. En tout cas, cette propriété, jusqu'alors inaperçue, révèle une relation simple entre les effets connus de la trempe et la valeur du coefficient magnétique. Je m'occupe d'en rechercher les lois.

» Le magnétisme gardé par un barreau après la cessation du courant est toujours beaucoup plus faible que pendant l'aimantation, c'est-à-dire que k est toujours plus petit que H. Il en résulte cette conséquence imprévue que les aciers riches en lames minces et fortement trempés, qui s'aimantent très-peu par le passage du courant, ne conservent rien après qu'il a passé et sont absolument inaptes à devenir des aimants permanents. Au contraire, les aciers moyens ou pauvres, pour lesquels H est très-grand, conservent une polarité, c'est-à-dire une valeur de k notable, comme on le verra dans les tableaux qui suivent. Ces aciers peuvent donc constituer d'excellents aimants, après une trempe vive et sans recuit.

» *Aciers revenus.* — Pour donner aux aciers le degré de dureté voulu, il faudrait les tremper à des températures variables et déterminées, ce qui serait difficile. On suit une autre méthode, qui consiste à les tremper au rouge et à dépasser ainsi le point voulu, pour les y ramener en les réchauffant. On utilise, pour apprécier les températures de ce *revenu*, les colorations que le dépôt d'oxyde détermine sur les surfaces, ce qui est un procédé très-simple et très-précis. Voici comment varient H et k pendant cette opération.

» Pour tous les aciers, qu'ils soient pauvres, moyens ou rebelles, H varie de la même manière : il augmente quand la température du revenu s'élève; cela veut dire que le pouvoir magnétique augmente depuis la trempe roide, où il est minimum, jusqu'au recuit fait à la température rouge, où il atteint sa plus grande valeur possible. C'est ce que l'on verra en parcourant les valeurs de H dans les tableaux qui suivent. On remarquera que leurs variations sont d'autant plus grandes que l'effet de la trempe avait été plus accentué.

» Quant au coefficient de polarité k, il suit des lois plus complexes. Pour les aciers pauvres ou moyens, il est maximum après la trempe roide, et il diminue continûment par le revenu jusqu'à être nul ou très-faible par le

recuit complet fait à la température rouge : tels sont les aciers de Niederbronn, ceux qu'on connaît dans le commerce sous la désignation de *trois têtes de bœuf*, de *trois doubles marteaux*, etc. Pour cette première catégorie de substances, la faculté de *prendre* le magnétisme va donc en augmentant depuis un minimum, après la trempe, jusqu'à un maximum voisin de celui de fer doux après le recuit, tandis que la propriété de *garder* le magnétisme va en diminuant entre ces deux limites.

» Pour les aciers rebelles, qui ne prennent après la trempe qu'une aimantation temporaire insignifiante et qui ne gardent rien après le passage du courant, les coefficients de polarité k, d'abord très-petits, croissent jusqu'à un certain degré de revenu, atteignent un maximum et diminuent quand ce revenu est dépassé ; ils diminuent jusqu'au recuit complet, mais ils ne deviennent pas nuls et restent quelquefois assez considérables. En résumé, on peut dire que toutes les catégories d'acier atteignent un maximum pour leur coefficient de polarité, mais dans des conditions diverses : les aciers pauvres ou moyens après la trempe roide ; les aciers riches ou rebelles et très-fortement trempés après un degré de revenu dont la température est d'autant plus élevée que l'effet de la trempe avait été plus grand ; après quoi les valeurs de k décroissent jusqu'à un minimum.

» Si l'on veut, avec un acier donné, faire les meilleurs aimants possibles, il faut atteindre ce maximum, et pour cela il faut traiter différemment les divers aciers : il faut tremper sans les recuire les aciers moyens, il faut recuire les aciers riches et rebelles après les avoir trempés, et les recuire en proportion de leur trempe, les uns au jaune, les autres au bleu, quelquefois très au delà. Il n'y a pas de règle fixe ; chaque matière exige un traitement particulier ; mais il sera toujours facile de découvrir ce traitement après une étude préalable faite sur un échantillon. L'ignorance où l'on a été jusqu'à présent de ces conditions explique toutes les incertitudes des constructeurs, les insuccès des uns, les réussites inespérées des autres et les pratiques secrètes de quelques-uns. Aujourd'hui chacun pourra faire le meilleur aimant possible avec l'acier qu'il possède ; il pourra même corriger les aimants inactifs qu'on trouve partout ; par une nouvelle trempe et un nouveau recuit, il les amènera à leur maximum.

» Le tableau suivant contient les diverses valeurs de H et k pour divers aciers. On a marqué par des chiffres plus gros les valeurs maxima de k. On voit que, pour les obtenir, il faut tremper les aciers de commerce et recuire au contraire, même à des températures assez hautes, les aciers de M. Dalifol qui étaient très-riches. Les valeurs de k représentent la force d'arrachement en grammes pour un fil d'épreuve de 1 millimètre de sec-

tion, à l'extrémité d'un barreau de 1 millimètre de longueur. Si cette longueur devenait l, cette force serait kl. Ces résultats ne doivent être considérés que comme un premier aperçu ; ils sont néanmoins suffisants pour faire comprendre dans leur ensemble les modifications que la trempe et le recuit font éprouver aux divers aciers. Il faudra maintenant découvrir ceux de ces aciers qui atteignent le maximum le plus élevé et aussi ceux qui perdent le moins par le temps. Ce sera l'objet d'une Communication prochaine.

Valeurs de H *et de* k.

DÉSIGNATION de l'acier.	TROIS TÊTES DE BŒUF.		SHEFFIELD.		TROIS DOUBLES MARTEAUX.		ACIERS DE M. DALIFOL.							
							Coulé.		Coulé, étiré.		Coulé, martelé.		Acier au wolfram.	
	H	k	H	k	H	k	H	k	H	k	H	k	H	k
Trempé au rouge	0,94	**0,24**	0,66	**0,22**	0,79	**0,28**	0,63	0,12	0,70	0,12	0,08	0,01	0,20	0,13
Revenu au jaune	1,16	0,18	"	"	"	"	0,86	**0,25**	1,12	**0,24**	0,17	0,07	0,64	0,30
» au 1er bleu	1,31	0,17	0,92	0,20	1,26	0,25	"	"	"	"	0,33	0,12	"	"
» au bleu blanc	1,42	0,16	"	"	1,26	0,25	1,11	0,16	1,27	1,17	0,83	0,16	1,16	**0,32**
» au 2e bleu	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1,23	**0,28**	"	"
Recuit au four	1,61	0,00	1,52	0,01	1,66	0,00	"	0,14	1,50	0,10	1,49	0,13	1,55	0,19

ASTRONOMIE. — *Sur le degré de visibilité que l'on peut atteindre avec des lunettes astronomiques de petites dimensions.* Note de M. D'ABBADIE.

« Dans ses *Practical Observations on telescopes*, Kitchiner annonçait, en 1815, qu'une lunette, construite par Ramsden, ayant un objectif triple de 57 millimètres d'ouverture et 686 de foyer, montrait bien le compagnon de la Polaire avec un grossissement de 70 fois, et qu'on le voyait encore, mais avec grand'peine et une amplification de 50 seulement, quand l'objectif avait été réduit à 44 millimètres.

» Peu de temps avant la mort de Dawes, j'engageai cet éminent observateur anglais à publier quelques résultats de sa bien grande expérience dans l'usage des lunettes. C'est ce qu'il fit dans le tome XXXV des *Mémoires de la Société royale astronomique*. Parmi les faits qu'il y énumère, il dit qu'une lunette de Dollond, montée aussi sur des tubes en tirage, ayant $40^{mm},6$ d'ouverture et 495 de distance focale, montrait aisément le compagnon de la Polaire, et presque sans anneaux ambiants. On continuait à

voir cette étoile double après avoir réduit l'ouverture à 35,6, et même à 33 millimètres seulement quand le ciel était extraordinairement favorable aux observations.

» Curieux d'expérimenter moi-même une bonne lunette d'aussi petite dimension, j'avais prié le P. Perry, directeur de l'Observatoire de Stonyhurst, de m'en procurer une dont l'ouverture serait limitée à 45 millimètres. La lunette, que ce savant a pris la peine de choisir et de m'envoyer, il y a un an, a été faite par M. Dallmeyer, de Londres. Son objectif est un peu plus grand et a 47 millimètres, la distance focale étant de 500. Avec un grossissement de 30 fois, cette lunette sépare la Polaire en deux. Par un beau ciel, on obtient la même netteté de vision avec des amplifications de 50 et même de 78 fois. On y sépare aussi avec facilité le couple N. de ε de la Lyre, mais le couple S. ne s'y distingue qu'avec peine.

» Cette perfection dans les petites lunettes n'est pas inconnue aux artistes français. Après quelques recherches chez nos opticiens, j'ai trouvé une lunette ayant 40 millimètres seulement d'ouverture, 495 de distance focale, et qui, supportant bien un grossissement de 60 fois, montre le compagnon de la Polaire. Cette lunette est montée sur trois tubes en tirage, et a été construite par M. Bardou. Au lieu d'un objectif à trois verres, comme les lunettes précitées, celle-ci n'a qu'un objectif ordinaire à deux verres.

» La difficulté qu'on éprouve à voir le compagnon de la Polaire vient de ce qu'il est de neuvième grandeur, qu'il est éloigné de 18 secondes seulement d'une étoile de deuxième grandeur, et qu'il disparaît le plus souvent sous les faux appendices lumineux qui, dans les petites lunettes ordinaires, sont attachés à toutes les grosses étoiles. On ne trouve pas, dit-on, une lunette sur cent qui soit exempte de ces appendices et qui, par conséquent, montre bien ronde une étoile de première grandeur.

» J'ai cru pouvoir citer ces données pour indiquer aux amateurs d'Astronomie quel degré de visibilité on peut atteindre avec de petits instruments, et surtout pour affirmer que, dans une lunette, la perfection du travail de ses verres est plus importante que leur grande dimension. »

THERMODYNAMIQUE. — *Démonstration directe des principes fondamentaux de la Thermodynamique; lois du frottement et du choc d'après cette science.* Note de M. A. Ledieu. (Extrait par l'auteur.)

« I. *Considérations générales.* — Les idées se portent aujourd'hui vers des recherches partant d'un *certain mouvement supposé* pour les ébranle-

ments des atomes pesants ou éthérés, qui produisent les phénomènes calorifiques.

» Les travaux sur cette matière ne sont encore qu'en très-petit nombre, et ils ne concernent que les gaz. Toutefois M. Clausius a récemment (n° CXLII des *Annales de Poggendorff*) attaqué la question d'une manière plus générale, et s'est proposé de déduire uniquement des théorèmes connus de la mécanique le principe de Carnot.

» Nous nous proposons aujourd'hui d'abord le même sujet, en l'étendant, et en en formant une sorte de corps de doctrine, comprenant des démonstrations directes des principes fondamentaux de la Thermodynamique.

» Après avoir lu l'enchaînement de nos démonstrations, le lecteur pourra apprécier ce qu'il y a d'original dans notre travail, et juger en quoi consistent et d'où proviennent les différences existant entre nos raisonnements et ceux de M. Clausius.

» Au surplus, les recherches que nous avons entreprises sont indispensables pour arriver à une explication complète et conforme à la thermodynamique des lois du frottement et du choc, explication que nous donnons à la suite de nos démonstrations directes des principes fondamentaux de cette science.

» Rien n'empêche de ne considérer dans les corps naturels que leurs atomes pesants, c'est-à-dire d'établir les formules en faisant abstraction de l'éther que ces corps contiennent en quantité constante ou variable. On regarde alors cet éther comme un système matériel à part, dont les actions sur le corps donné doivent être comptées au nombre des forces extérieures ou mieux étrangères. Toutefois, l'abstraction dont il s'agit n'est pas toujours pratiquement acceptable; car elle conduit à des lois qui ne sont pas vérifiables, à moins de considérer comme négligeables les *effets définitifs* dus à l'éther; nous disons les *effets définitifs*, car les effets intermédiaires peuvent être indispensables pour la propagation du calorique et l'établissement de l'équilibre de température des atomes pesants. Ajoutons que la possibilité de regarder comme négligeables les effets *définitifs* dus à l'éther dans l'échauffement des corps semble justifiée par ce fait qu'un même corps solide en bloc ou réduit en poussière possède la même capacité calorifique.

» Dans tous les cas, lorsqu'on trouvera nécessaire de considérer pour chaque corps naturel l'ensemble de ses atomes pesants et éthérés, on verra

aisément que les formules obtenues avec ladite abstraction conviennent entièrement à la supposition que la quantité d'éther renfermée dans le corps demeure constante, quels que soient la température et l'état physique ou constitutif de celui-ci.

» Notre mode de procéder évite de se lancer dans les suppositions compliquées et toutes gratuites de *dynamides* ou autres. Nous nous bornons d'ailleurs à considérer les corps composés, aussi bien que les corps simples, comme des agrégats d'atomes, sans nous occuper des groupements des atomes entre eux pour former les molécules. Le nombre des hypothèses se trouve ainsi réduit au minimum, ce qui est philosophiquement la véritable manière de faire avancer les questions, en les simplifiant au lieu de les compliquer. Cette voie offre d'ailleurs l'avantage d'être entièrement en harmonie avec les faits; car les phénomènes calorifiques qu'on expérimente en physique, ou que, pour l'industrie, on a besoin de connaître *a priori*, concernent en définitive les atomes pesants des corps naturels.

» II. *Exposé de la marche suivie pour arriver à nos démonstrations.* — Nous reportant à une conception imaginée par Coriolis, dans son Traité de « Mécanique des corps solides », nous supposons que tout système de points matériels est à chaque instant solidifié, sans que rien soit changé à l'ensemble des forces et des quantités de mouvement qui actionnent le système. Le mouvement de ce solide fictif constitue le *mouvement d'ensemble* du système; le mouvement particulier de chaque atome composé avec ce mouvement d'ensemble pris en sens contraire donne le mouvement relatif de l'atome par rapport au solide fictif, c'est-à-dire son *mouvement propre*.

» Ce mouvement propre, à son tour, se décompose en deux autres : l'un correspond au *changement de volume* que le corps peut subir à chaque instant sous des influences extérieures; l'autre, provenant du fait même de la décomposition, ne pourra être, d'après les idées actuelles sur la chaleur, qu'*un mouvement vibratoire*.

» Hâtons-nous d'ajouter que nous allons définir rigoureusement le *mouvement de changement de volume*, dès que nous aurons donné quelques explications relatives aux vibrations.

» La vibration la plus simple à concevoir consiste dans le parcours par chaque atome d'une courbe fermée, décrite avec une vitesse variable de grandeur et de sens à chaque instant, mais repassant par les mêmes valeurs au bout d'un temps déterminé, qu'on appelle la *durée de la vibration*. Toute-

fois, il n'est pas nécessaire que les trajectoires soient des courbes fermées pour que les résultats qui conviennent à ce cas particulier se trouvent applicables à une hypothèse plus générale concernant des trajectoires non fermées. Cette hypothèse, que nous adopterons, et qui est essentiellement plausible, consiste : 1° à considérer la vitesse de chaque atome décomposée suivant trois directions respectivement parallèles aux axes des X, des Y et des Z; 2° à supposer que, dans tout corps en équilibre de température, chacune de ces vitesses repasse, sinon rigoureusement au moins *en moyenne*, par les mêmes valeurs, au bout d'un temps fixe et déterminé, différent pour chaque composante. Il est évident que pour tout temps égal à la plus petite fraction de seconde, renfermant un nombre entier de fois les durées des trois vibrations composantes dont nous venons de parler et que d'ailleurs nous supposerons toujours moyennement commensurables entre elles, les choses se passeront de la même manière que s'il s'agissait d'une vibration sur trajectoire fermée, s'exécuant dans ce temps; et nous appellerons cette vibration *vibration complexe*.

» Dans les corps simples, la vibration complexe sera considérée comme moyennement de même durée pour tous les atomes. Dans les corps composés, on ne saurait admettre qu'il en est ainsi que pour les séries d'atomes de même espèce, jouant d'ailleurs le même rôle dans chaque molécule intégrante. Mais les choses pourront encore dans ce cas être ramenées fictivement au cas d'une trajectoire fermée. Il suffira, à cet effet, de prendre pour durée commune de vibration la plus petite fraction de seconde renfermant un nombre entier de fois les durées des diverses vibrations complexes, relatives aux différentes séries d'atomes de même espèce et de même rôle dans le corps composé, ces durées étant pareillement supposées moyennement commensurables entre elles.

» Quand il y aura lieu de considérer les corps avec l'éther qu'ils renferment, on regardera, au point de vue des vibrations, les atomes de cette substance comme les atomes d'un corps simple ordinaire faisant partie d'un corps composé.

» Nous considérerons la durée des vibrations, soit simples, soit complexes, ordinaires ou composées, comme extrêmement courtes et échappant entièrement à toute appréciation chronométrique.

» Pour le gaz, un des points de départ de leur théorie consiste à supposer que leurs atomes sont sans cesse animés de mouvements de translation dans tous les sens, et que leurs trajectoires de translation sont

formées de parties rectilignes très-petites, reliées par des parties courbes, et reviennent en définitive à des zigzags irréguliers, renfermés dans un très-petit espace. Or il est plausible d'admettre que ces mouvements de translation se superposent à des mouvements oscillatoires qui leur seraient perpendiculaires ou même inclinés. Mais, en fin de compte, la composition de ces deux sortes de mouvement revient à des vibrations uniques de forme hélicoïdale, auxquelles toutes les conventions précédentes sont entièrement applicables.

» Ainsi que nous le montrerons plus tard, la température d'un corps doit être considérée comme caractérisée par la force vive moyenne vibratoire de ses atomes. Quand un corps change de volume et de température, les vibrations simples ou complexes de ses atomes se modifient elles-mêmes d'une manière incessante en étendue comme en durée. On peut concevoir, à un moment quelconque, pour chaque point, la vibration *instantanée* correspondant au volume et à la température que possède le corps à ce moment, c'est-à-dire la vibration qui existerait réellement si, à partir dudit moment, le volume et la température demeuraient constants. Le déplacement qu'éprouve chaque point en n'occupant plus dans l'espace les *mêmes positions* à de *mêmes périodes* ou phases de la durée de sa vibration *instantanée*, est dû à la fois au changement du volume et à celui de la température. Mais si l'on suppose que, toutes choses égales d'ailleurs, la dernière de ces quantités ne change pas, ledit déplacement représentera le *mouvement de changement de volume* dont nous avons parlé plus haut sans le préciser.

» Si, après avoir examiné les différents mouvements des atomes des corps, nous considérons les forces qui les actionnent, nous remarquerons que toutes ces forces sont en définitive des forces moléculaires; seulement elles doivent être classées en trois catégories, savoir :

» Les *forces mesurables physiquement;*

» Les *forces moléculaires régulières;*

» Les *forces moléculaires irrégulières,* ou mieux *erratiques.*

» 1° Les *forces mesurables physiquement* sont caractérisées par le fait qu'elles peuvent être regardées comme constantes en grandeur et en direction pendant le temps extrêmement court qui correspond à la durée des vibrations, entendue comme il a été dit plus haut. Nous rangerons dans cette classe de forces la pesanteur, la force musculaire des hommes et des animaux, les pressions des fluides contre les parois des vases qui les renferment, et *vice versa* la réaction de ces parois sur eux, etc.

En d'autres termes, nous considérerons les actions moléculaires donnant lieu à toutes ces forces comme ayant leur résultante sur chaque point d'un système matériel, constante de grandeur et de direction pendant la durée de chaque vibration, sinon mathématiquement, du moins *en moyenne*, ainsi que cela est admis implicitement en Mécanique industrielle.

» 2° Les *forces moléculaires régulières* sont caractérisées par le fait qu'elles changent de grandeur et de direction avec une rapidité de même ordre que celle des vibrations, mais suivant une loi déterminée propre à chaque cas, et provenant précisément de ce que les distances respectives des atomes se modifient elles-mêmes d'une manière normale.

» Nous rangerons dans cette classe de forces les forces dites *intérieures*, s'exerçant dans les corps solides entre les atomes qui les constituent.

» Comme nous le démontrerons ultérieurement, la somme des travaux des forces moléculaires régulières, relatifs aux mouvements d'ensemble, s'annulent toujours, aussi bien lorsque ces forces sont dues au frottement ou à un choc que quand elles proviennent des actions mutuelles des atomes des corps. Mais il n'en est plus de même pour leurs travaux relatifs aux mouvements vibratoires et aux mouvements de modification de volume, de sorte que les changements des forces vives vibratoires ainsi que des forces vives de variation de volume, quand elles ne sont pas négligeables, dépendent en partie desdits travaux.

» 3° Les *forces moléculaires irrégulières*, ou mieux *erratiques*, sont caractérisées par le fait qu'elles changent de grandeur et de direction avec une rapidité de même ordre que celle des vibrations, mais *sans aucune loi*. Dès lors, la somme de leurs travaux relatifs tant aux mouvements d'ensemble qu'aux mouvements de modification de volume, s'annulent toujours, puisqu'il n'y a pas de raison pour que cette somme soit plutôt négative que positive. Mais il n'en est plus de même pour leurs travaux relatifs aux mouvements vibratoires, de sorte que les variations des forces vives vibratoires dépendent alors de ces travaux, aussi bien, du reste, comme nous l'avons dit il y a un instant, que des travaux de même nature des forces moléculaires régulières.

» Parmi les forces qu'on rencontre dans la nature, jouissant de la propriété d'être erratiques, nous placerons en première ligne les forces dites *calorifiques*, qui, d'après les idées actuelles sur la chaleur, doivent être considérées comme provenant des chocs des atomes d'éther soit entre eux, soit avec les atomes pondérables, pour produire les phénomènes de trans-

mission de calorique aussi bien par rayonnement que par contact. Il importe d'ajouter que cette manière de voir n'est pas en contradiction avec le fait même de la propagation de la chaleur rayonnante *en ligne droite;* car la direction de la propagation n'a aucune corrélation immédiate avec celle des vibrations elles-mêmes.

» Empressons-nous de dire que nous n'aurons besoin d'invoquer le *caractère d'erratisme* des forces calorifiques que pour la démonstration du théorème de Carnot. Cette supposition est même nécessaire pour la réalité du théorème; mais le reste de notre travail, notamment notre théorie du frottement et du choc, en est tout à fait indépendant.

» Au surplus, voici une expérience qui n'a pas été faite et qui serait cependant de nature à vérifier l'erratisme des forces calorifiques. Imaginons une barre métallique reposant sur des rouleaux d'une extrême mobilité, comme ceux de la machine d'Atwood; supposons qu'un des bouts de cette barre soit exposé à un feu très-ardent, et que ce bout soit en quelque sorte isolé du reste de la barre par un écran. La barre aura-t-elle un mouvement d'*ensemble* sous l'action de la chaleur appliquée à une de ses extrémités? En d'autres termes, son centre de gravité se déplacera-t-il par rapport à un point fixe de l'espace? Les forces moléculaires extérieures étant réciproques, leurs travaux relatifs à tout mouvement d'ensemble s'annulent mutuellement. Il en est de même des travaux de même espèce dus à la pression atmosphérique; car toutes les forces provenant de cette pression se font équilibre sur le corps supposé solidifié. Dès lors, le déplacement dont il sagit ne pourrait se produire que si la somme des travaux calorifiques relatifs à un semblable mouvement n'était point nulle. On est porté *a priori* à penser que le centre de gravité doit se déplacer dans l'espace, à cause que la dilatation est très-forte au bout chauffé; mais, en réfléchissant, on voit qu'il peut se faire que des atomes refoulés passent du côté le plus chaud au côté le plus froid par rapport à la section géométrique qui contient le centre de gravité au début de l'opération, et dès lors on reconnaît que l'expérience peut seule trancher la question.

» La translation de la Terre autour du Soleil offre un phénomène analogue à l'expérience que nous venons de mentionner. La Terre reçoit, en effet, constamment l'action calorifique du Soleil, suivant la ligne qui joint le centre des deux astres. Or, si cette action se faisait sentir à la manière des forces dites *mesurables physiquement*, il est infiniment probable que sa loi serait différente de celle de l'attraction, et que son influence se serait

manifestée depuis longtemps sous la forme d'une perturbation inexplicable par les calculs habituels.

» Il nous reste à dire un mot des forces intérieures des gaz et des liquides.

» On appelle *gaz parfaits* les gaz pour lesquels la portion du travail desdites forces, relative à tout changement de volume, se trouve constamment nulle. Les forces intérieures de ces gaz doivent donc être classées parmi les forces *erratiques;* mais il n'en est plus de même pour les gaz qui s'éloignent plus ou moins de l'état parfait.

» Pour les liquides, il faut remarquer que les forces intérieures ne sont jamais *erratiques*. La très-grande mobilité des atomes les uns par rapport aux autres provient de ce que ces forces sont extrêmement faibles; mais elles deviennent considérables, suivant d'ailleurs une loi régulière, dès qu'on cherche à comprimer les liquides. »

THERMOCHIMIE. — *Recherches thermiques sur les dissolutions salines;* par M. **P.-A. Favre.**

« En réponse à mes observations sur le calorimètre à mercure (1), M. Thomsen a signalé, il y a plus d'un an (2), la grande concordance qui existe entre des nombres qui m'ont été fournis par le calorimètre à mercure (3) (*voir* la colonne (A) du tableau) et ceux qu'il a obtenus lui-même pour les mêmes corps, à l'aide du calorimètre à eau dont il fait usage. Ce savant exprimait le regret d'avoir à constater que cette concordance n'existe plus pour les nombres que j'ai indiqués plus tard (4) (*voir* la colonne (B) du tableau) en opérant une seconde fois sur les mêmes corps et en employant la même méthode d'expérimentation. Ce savant conclut en condamnant de nouveau le calorimètre à mercure que j'emploie.

» Malgré la confiance que m'inspiraient mes dernières expériences, je me suis cependant montré plus réservé que le savant de Copenhague. J'ai obéi à un sentiment de déférence qui me parait dû aux savants qui travaillent avec persévérance à côté de nous. Loin de nier, sans examen, la valeur de ses assertions, je les ai prises en sérieuse considération et j'ai

---

(1) *Annales de Chimie et de Physique*, 4e série, t. XXVI, p. 385.

(2) *Bulletin de la Société chimique allemande.* Berlin, n° 13, juillet 1872, p. 614.

(3) *Comptes rendus*, t. LXXIII, p. 707 (1871).

(4) *Comptes rendus*, t. LXXIV, p. 1025 (1872).

cherché la cause de nos discordances, alors que, pour certaines séries de déterminations, l'accord existe entre nous deux.

» Dans ma dernière série d'opérations, se succédant sans interruption et conduites avec un soin tout particulier, puisqu'il s'agissait de contrôler une série d'expériences plus anciennes, j'avais obtenu des nombres qui m'avaient semblé irréprochables. Dans ces expériences, les résultats, concordants entre eux, s'écartaient toujours de la même quantité des résultats fournis par mes expériences d'une date plus ancienne. Cette circonstance m'avait amené à penser que les résultats des anciennes expériences devaient être entachés d'une cause d'erreur constante. J'ai pensé que le désaccord pouvait provenir de calculs effectués en partant d'un poids de chlorure de baryum considéré à l'état anhydre, tandis que ce sel cristallise avec 2 équivalents d'eau. Mais, en présence de la singulière concordance de mes premières déterminations avec celles de M. Thomsen, je ne pus me défendre de soupçonner que mes premiers nombres pouvaient être aussi exacts que les derniers, et que l'écart pouvait tenir à l'influence de la température, différente dans les deux séries d'expériences. Je supposai que cette influence devait être prise en considération, tout aussi bien que la quantité d'eau dans les dissolutions salines, circonstance sur laquelle j'ai le premier, appelé l'attention, il y a longtemps. Or, j'ai eu la satisfaction de constater, par l'expérience, la réalité de cette présomption. J'ai pu expliquer par là certains écarts dont il ne m'avait pas encore été possible de signaler la cause et qui ont dû contribuer à entretenir quelques doutes dans l'esprit de physiciens scrupuleux sur la valeur de mes méthodes calorimétriques et, en particulier, sur le bon fonctionnement de mon calorimètre à mercure. Cette confiance ne sera plus ébranlée dorénavant, je l'espère, et l'on pourra m'accorder que mon instrument est à même, quant à l'exactitude, de rivaliser avec les meilleurs calorimètres à eau, tout en conservant l'avantage de pouvoir multiplier les expériences devenues plus faciles et plus promptes (1).

» Pour connaître la part d'influence de la température sur le phéno-

---

(1) La possibilité d'une erreur sur la valeur de la calorie, déterminée pour mon instrument, est admise par M. Thomsen comme pouvant seule expliquer notre désaccord ; cette hypothèse me paraît tout à fait inacceptable. Avant d'entreprendre ce travail, j'ai vérifié la valeur de mon ancienne calorie exprimée en longueur de colonne mercurielle, à l'aide d'une méthode que je ne peux pas décrire ici, mais que je crois bien préférable à l'autre. Or la

mène, j'ai dissous chacun des sulfates, qui devaient être précipités par le chlorure de baryum, dans une quantité d'eau suffisante contenue dans le calorimètre. La température de cet instrument était différente pour chacune des séries d'expériences. Comme il m'eût été trop difficile de maintenir artificiellement une température suffisamment constante dans l'enceinte où j'opérais avec mon calorimètre, j'ai commencé une première série d'opérations pendant les premiers jours du mois d'août 1872, avec une température de 24°,5 environ. A mon grand regret, il ne m'a pas été possible de terminer à cette époque. La seconde série d'opérations a été faite pendant le mois de février 1873, avec une température de 8 degrés environ. Enfin la troisième série d'opérations a été faite pendant les mois de mai et de juin de la même année, avec une température de 19 degrés environ. Aussi dans les deux séries principales, la différence de température n'a été que de 11 degrés, environ. C'est donc la nécessité où je me suis trouvé d'opérer à des époques différentes de l'année qui explique le retard de ma réponse à M. Thomsen.

» Pour connaître la quantité de chaleur mise en jeu pendant la dissolution des sulfates, j'ai employé environ 5 grammes de chacun de ces sels (excepté pour le sulfate de potassium, dont je n'ai pris que 3 grammes, en raison de sa moindre solubilité). Ce poids a été dissous dans une quantité d'eau suffisante, et toujours la même pour le même sulfate. Sur ces sulfates, j'ai fait réagir, successivement, des quantités équivalentes de chlorure de baryum contenues dans une dissolution normale préparée *ad hoc* (1).

» Le tableau suivant résume les résultats de trois séries d'expériences pour lesquelles la température diffère. Ce tableau comprend également les colonnes (A) et (B) d'expériences qui, par leur peu de concordance, ont suscité la discussion. Ces nombres ont été obtenus à des époques différentes de l'année.

---

nouvelle valeur ainsi obtenue différait très-peu de l'ancienne. L'écart était de $\frac{1}{60}$ environ en plus et serait insuffisant pour expliquer une différence de 20 pour 100 entre mes derniers nombres et ceux de M. Thomsen.

(1) 30 centimètres cubes de la liqueur normale contenaient 3gr,091 de chlorure de baryum cristallisé, c'est-à-dire 0gr,064 de plus que la quantité nécessaire.

FORMULES.	TEMPÉRATURE.	DISSOLUTION.	PRÉCIPITATION par Cl Ba.	TEMPÉRATURE.	DISSOLUTION.	PRÉCIPITATION par Cl Ba.	TEMPÉRATURE.	DISSOLUTION.	PRÉCIPITATION par Cl B.	(A) PRÉCIPITATION par Cl Ba.	(B) PRÉCIPITATION par Cl Ba.
SO^4K............	19°.00	— 3361 cal	2879 cal	"	"	"	8°.40	— 3458 cal	3413 cal	"	3357
$SO^4Na, 10HO$......	19.85	— 9984	2560	24°.65	— 9766 cal	2324 cal	8.70	— 9715	3289	2638	3370
SO^4H^4Az.........	19.65	— 979	2942	24.20	— 936	2559	8.40	— 996	3495	2776	3279
SO^4H^4Az (dans l'eau tenant en dissolution du Cl K)....	19.75	"	2728	"	"	"	"	"	"	"	"
$SO^4Zn, 7HO$.......	19.00	— 1878	2857	"	"	"	7.70	"	3501	2735	3324
$SO^4Cu, 5HO$.......	19.00	— 1274	2865	"	"	"	7.70	— 1259	3381	2743	3329
SO^4H.....	19.20	"	4775	"	"	"	"	"	"	"	5053
$(SO^4)^2KH$.........	19.10	— 3364	4225	"	"	"	"	"	"	"	"
$(SO^4)^2NaH, 2HO$..	19.10	— 283	3760	"	"	"	"	"	"	"	"
$(SO^4)^2KCu, 7HO$...	19.30	— 6854	2979	"	"	"	8.00	— 7090	3435	2662	3432
$(SO^4)^2H^4AzCu, 7HO$.	"	"	"	"	"	"	8.10	— 6148	3460	2870	3377

» D'après l'inspection du tableau ci-dessus, il paraîtra maintenant bien démontré que, dans les expériences calorimétriques, il faut, au moins dans quelques cas, tenir compte de la température ambiante. En effet, le changement de température peut amener une modification : 1° dans l'état de dissociation plus ou moins avancée des éléments constituants des sels dissous; 2° dans l'action coercitive que les éléments constituants de ces sels peuvent exercer sur l'eau (ce qui fait varier le volume et par conséquent la densité de la dissolution, ainsi que la chaleur spécifique du mélange); 3° dans la quantité d'eau qui peut se trouver unie aux sels qui abandonnent la dissolution; 4° dans la densité des sels ainsi précipités, etc.

» Dans les recherches thermiques sur le travail moléculaire effectué pendant la formation des sels ou lorsque les sels entrent en dissolution, il importe aussi, presque toujours, de ne pas interpréter isolément les quantités de chaleur accusées par le calorimètre. En effet, ces quantités de chaleur sont presque toujours la somme algébrique de nombres fournis par des phénomènes thermiques de signes contraires. Le phénomène qui conduit à l'état d'équilibre est donc un phénomène très-complexe et l'équilibre ne peut être réalisé qu'autant que les affinités énergiques, provoquant l'ensemble des réactions, sont satisfaites. C'est un point sur lequel il est inutile d'insister davantage; car il est suffisamment mis en évidence dans la formation des sels qui se produisent toujours avec dégagement de chaleur, et dans la dissolution de ces mêmes composés qui est accompagnée le plus souvent d'une absorption de chaleur, mais quelquefois d'un dégagement de chaleur. Il en est de même lorsqu'on mélange certaines dissolutions salines, ainsi que l'a démontré M. Berthelot dans ses intéressantes recherches.

» En résumé, la rectification de mes calculs thermiques, en faisant intervenir la vraie formule du chlorure de baryum cristallisé, m'avait, en apparence, mis en désaccord avec quelques expériences de M. Thomsen. L'influence de la température, influence qui est considérable, rétablit entre nous, pour une série de nombres, la concordance la plus complète. Il n'y a donc pas lieu de recourir à l'hypothèse faite par M. Thomsen, d'un changement dans la valeur de la calorie. Comment expliquer cette influence si notable de la température lorsqu'on précipite les sulfates par le chlorure de baryum, bien que la chaleur de dissolution des sulfates à 8 degrés et à 25 degrés diffère peu, et bien qu'il soit probable qu'il en est de même pour la chaleur de dissolution des chlorures? C'est un point qui reste à examiner. »

PALÉONTOLOGIE. — *Sur les fossiles trouvés dans les chaux phosphatées du Quercy.* — Lettre de M. P. GERVAIS à M. le Secrétaire perpétuel.

« Je vous serai reconnaissant si vous voulez bien communiquer à l'Académie le résumé suivant des observations nouvelles que je viens de faire sur les fossiles des chaux phosphatées du Quercy, fossiles sur lesquels M. Daubrée et moi avons déjà donné quelques détails. J'ai visité plusieurs des collections que l'on a réunies dans ce pays et, en particulier, celle de M. Daudibertière, qui est remarquable par le nombre des pièces qu'elle renferme et par leur bonne conservation.

» Elle réunit des ossements de plusieurs sortes de Pachydermes jumentés et en particulier des débris de *Palæotherium* analogues à ceux des plâtrières de Paris, entre autres du *Palæotherium magnum*, des débris de Rhinocéros comparables aux *Rhinoceros minutus* et à l'*Acerotherium*, et quelques débris d'un autre animal de plus grande taille, ayant de la ressemblance avec les Rhinocéros, mais que l'on devra certainement classer dans un genre différent des leurs. J'en ai sous les yeux quelques dents, la dernière molaire supérieure dans son état d'intégrité et notablement entamée par l'usure à sa couronne, ainsi que plusieurs molaires inférieures.

» La molaire supérieure est plus forte que celle des Rhinocéros, et plus étroite (longueur 0,065, largeur en avant 0,035). Sa face externe est légèrement convexe et l'échancrure de sa couronne est étroite et allongée.

» Les molaires inférieures sont bien moins larges que dans les Rhinocéros, à collines bien plus obliques et moins saillantes; leur face externe est indivise, du moins pour les postérieures, et la courbure en est faible; une rainure verticale indique cependant la séparation des deux lobes pour les antérieures. Je donnerai à ce singulier genre de mammifères le nom de *Cadurcotherium*, rappelant le Quercy, et j'en appellerai l'espèce *Rhinoceros Cad. Cayluxi*.

» Les Porcins sont représentés par de belles pièces, appartenant à des *Anthracotherium* de différentes grandeurs, à des *Anoplotherium* différant également par la taille, à l'*Entelodon*, au *Cainotherium* et à un petit animal voisin de celui-ci, mais qui a une barre bien marquée entre la première et la seconde fausse molaire supérieure. Il faut encore ajouter le genre *Hyotherium*.

» Les Ruminants appartiennent à la division des *Amphitragulus*, et j'ai vu des restes d'une espèce de *Cervidés*.

» Les Carnivores rentrent dans les formes précédemment décrites par

moi et par M. H. Filhol. Les *Hyénodons*, en particulier, constituent plusieurs espèces, se distinguant surtout par leur taille.

» L'ordre des Rongeurs fournit quelques espèces de genres différents les uns des autres, tels que *Cricetodon, Archæomys*, etc.

» Le genre *Peratherium*, de la famille des Sarigues, se rencontre aussi parmi les animaux fossiles, à Caylux, et j'ai constaté qu'il y a, dans les mêmes gisements, des *Oiseaux*, rares il est vrai, des *Chéloniens* terrestres, ce que j'avais déjà signalé, une espèce de *Crocodile*, des *Lacertiens* et des *Serpents* plus grands que les nôtres.

» Tous ces débris mériteraient un examen attentif que je ne puis entreprendre ici; j'ai pensé toutefois que ces indications pourraient offrir déjà quelque intérêt. »

MÉMOIRES LUS.

HYGIÈNE PUBLIQUE. — *Du développement de la peste dans les pays montagneux et sur les hauts plateaux de l'Europe, de l'Afrique et de l'Asie;* par M. le Dr **J.-D. Tholozan.**

I. — *Opinions admises de nos jours sur les foyers primitifs et les habitats de la peste.*

« L'opinion médicale a singulièrement varié aux différentes époques de l'histoire sur les points d'origine de la peste. Dans les temps où ce fléau était devenu presque endémique en Europe et où il était relativement rare en Orient, on ne pouvait songer à attribuer toutes ses épidémies ou ses recrudescences à des importations d'Asie ou d'Afrique.

» En 1845, on s'accordait généralement à ne reconnaître que trois foyers principaux de la peste, l'Égypte, la Syrie, Constantinople, et encore, dans les deux premières contrées, on limitait les habitats de la maladie à certaines zones bien restreintes. Pariset dit que la peste ne dépasse jamais en Égypte la première cataracte, il affirme avec tous les écrivains qu'elle ne naît pas dans la haute Égypte, la Nubie, l'Abyssinie. — Prus veut que, dans tous les pays où l'on a observé la peste spontanée, son développement puisse être attribué à l'habitation sur un sol d'alluvion ou sur des terrains marécageux, près de la Méditerranée ou près de certains fleuves, le Nil, le Danube, l'Euphrate. Hirsch, qui combat, du reste, avec énergie l'opinion insoutenable que les lieux élevés n'ont jamais été attaqués par la peste, dit cependant que jamais ce fléau n'a dépassé Assouan, et il ajoute qu'un sol très-humide est nécessaire pour la genèse de cette

maladie. Il affirme que la patrie de la peste est la partie nord de l'Afrique et la côte ouest de l'Asie. M. BOUCHARDAT disait, il y a quelques mois seulement, que la genèse de la peste d'Orient est dominée par une question de localité.

» Cette doctrine, fondée sur la majorité des faits observés dans le XVIIIe siècle et dans la première moitié du XIXe, n'est juste que dans une demi-mesure et d'une manière relative. Il faut la modifier aujourd'hui devant des faits nouveaux et par l'étude plus complète des faits anciens, surtout de ceux du XVIe et du XVIIe siècle, si l'on veut arriver à avoir une formule positive qui comprenne toutes les conditions d'origine de la peste. Chaque génération n'est témoin que d'un certain nombre de faits ; les époques antérieures ont vu se réaliser des événements que nous ne voyons plus de nos jours. C'est en reliant toutes ces observations les unes aux autres qu'on a le point de vue le plus élevé et le plus général, celui sans lequel la science vraie, qui est de tous les lieux et de tous les temps, ne saurait être édifiée.

II. — *Énumération des faits relatifs au développement de la peste au centre des continents et dans les régions élevées.*

» Pour ne pas abuser des moments de l'Académie, je ne cite ici que quelques-unes des observations les plus saillantes.

» WEBSTER fait remarquer que les villes de l'Allemagne étaient jadis aussi souvent attaquées de la peste que les ports de l'Angleterre, de la France, de l'Espagne et de l'Italie. D'après un document officiel, que le Parlement de Provence adressa au roi en 1722, la Provence présenta, de 1502 à 1664, douze fois des épidémies de peste, et plusieurs de ces fléaux eurent lieu dans des années où Marseille et les autres ports étaient indemnes. On sait que la peste était en 1606-1607 à Poitiers; de 1620 à 1623, à Paris; en 1626, 1627, 1628, à Lyon, Toulouse et dans plusieurs autres villes du Languedoc. En 1629, elle était à Montpellier; en 1629 et 1630, à Nîmes; elle s'y renouvela en 1640, *venant des villages voisins*. SCALIGER a vu la peste, à Toulouse et aux environs, durer plus de sept années consécutives. TADINI observa la peste de Milan en 1629 ; elle débuta près d'un bras du lac de Côme. Un demi-siècle avant lui, MASSARIA dit que la peste qui affligea l'Italie, de 1575 à 1580, commença par la ville de Trente, sur l'Adige. FÉLIX PLATER, médecin de Basle, n'avait pas noté dans ce pays, de 1539 à 1610, moins de sept pestes très-meurtrières. Il y eut dans les montagnes de la Suisse et du Tyrol, de 1539 à 1613, une série chronologique

de pestes assez rapprochées les unes des autres. Selon MURET, la maladie exista en Suisse, à de courts intervalles, de 1550 à 1620, et elle y poursuivit ses ravages occasionnels jusqu'en 1668. Après avoir fait le départ de certaines observations d'un caractère douteux, il n'en reste pas moins prouvé que les vraies fièvres buboniques ont existé, à l'état endémo-épidémique, dans le centre même de l'Europe, dans le XVIe et le XVIIe siècle.

» La vérité qui ressort de ces faits est que la peste, introduite en Europe à certaines époques mémorables de l'histoire, y a pris droit de domicile pendant de longues séries d'années, et y a eu des temps d'incubation et des époques de révivification, dans lesquels les poussées épidémiques ont été aussi graves, aussi généralisées et souvent de plus longue durée que les émissions primitives de continents étrangers.

» Si nous passons maintenant d'Europe en Afrique, nous voyons que ÉVAGRE et PROCOPE disent que la peste inguinaire du milieu du VIe siècle prit naissance en *Éthiopie* ou en Égypte. RUSSELL et ÉTON affirment que la grande peste de 1736 vint de la haute Égypte. D'après plusieurs observateurs, la peste de 1796-1797 débuta aussi dans l'Égypte supérieure, ainsi que celle des quatre premières années de notre siècle. A la fin du XVIIe siècle, LUDOLF écrivait que la peste règne occasionnellement en Éthiopie. J'ai découvert, dans un Commentaire du *Canon*, par un célèbre médecin arabe du XIVe siècle, un passage très-important à propos de l'endémicité de la peste en Abyssinie. GARCHI dit que la peste (taoun) se développe souvent en Abyssinie. Il tenait ce fait d'Ibn-Meiçour, qui avait longtemps habité ce pays. Il décrit les symptômes de cette maladie de la manière la plus nette.

» Il faut donc rectifier pour l'Afrique, comme je l'ai fait pour l'Europe, les idées généralement reçues sur les habitats de la peste. Il me reste maintenant à parler de l'Asie.

» La peste prit naissance en 1840-1841 dans les villages qui entourent Erzeroum. En 1812-1813-1814, ainsi qu'en 1824-1825-1827-1828, elle a été endémique dans l'Anatolie et l'Arménie. BUTEL regardait la peste comme importée à Constantinople de l'Asie Mineure. AUBERT note que l'épidémie de 1837, à Smyrne, venait de l'intérieur. L'histoire des pestes de la Mésopotamie, dans le XVIIIe et le XIXe siècle, démontre que la grande épidémie de 1773 vint à Bagdad et à Bassora de l'Asie Mineure, par la voie de Diarbékir; il en fut de même de celle de 1800 à 1802. La peste de 1830-1831 vint du Kurdistan et du nord de la Perse, où elle avait été introduite du pachalik d'Erzeroum et principalement de Kars. La petite peste de 1867, seule parmi tous ces fléaux, prit naissance dans la Mésopotamie même, près du

Birs-Nimroud, comme je l'ai démontré il y a quelques années. Elle a pour pendant une petite peste tout à fait semblable, développée six ans après, en 1871, dans le Kurdistan persan, sur les bords du Djagataï et du Tataou, rivières qui se jettent dans le lac d'Ourmiah.

» Pour terminer cette Note, j'ai à signaler encore des faits plus importants, relatifs à la peste de deux districts de l'Himalaya, le Gurwhal et le Kumaon. Il y a eu, dans notre siècle et jusqu'à ces dernières années dans ces pays, une peste endémo-épidémique dont les symptômes sont tout à fait identiques à ceux de la peste d'Égypte. J'ai pu suivre, d'après les documents anglais, les développements successifs de cette maladie, d'année en année, et rien ne prouve qu'elle soit complétement éteinte aujourd'hui.

» Tous les faits que je viens de citer démontrent que la peste peut se développer sur tous les sols et à toutes les altitudes. Sa genèse ne tient pas, par conséquent, à des conditions particulières du terrain; elle ne dépend pas non plus des influences météorologiques; le développement ultérieur est seulement influencé par les saisons. La cause de la peste réside probablement dans certaines influences hygiéniques encore mal déterminées. La famine est une circonstance prédisposante et rien de plus. Dans les trois dernières pestes qui ont été observées depuis seize ans, la première, celle de Benghahi, en 1857, coïncida avec la famine, la seconde, celle de la Mésopotamie, en 1867, et la troisième, celle du Kurdistan persan, en 1871, se sont montrées dans des districts qui n'ont pas même souffert de la disette, et, en 1871, tout le monde a été témoin en Perse de ce grand fait étiologique, que la peste s'est limitée à un très-petit district, où les vivres ne manquaient pas, tandis que dans le centre du pays, à l'est et au sud, où la famine était excessive, on n'a observé que des dyssenteries pendant le règne de la faim, et à son terme on a vu se développer le typhus et la fièvre à rechute, sans qu'aucun cas de peste se soit développé dans ces régions. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

GÉOLOGIE. — *Sur les minerais de fer du département d'Ille-et-Vilaine.* Note de M. DELAGE.

(Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

« Les minerais de fer que l'on trouve en grande quantité dans le département d'Ille-et-Vilaine occupent trois niveaux différents :

» 1° Le minerai que l'on trouve à Saint-Saturnin, signalé par M. Paul

Dalimier, dans sa coupe de Poligné à Saint-Saturnin, est placé au-dessus des grès à bilobites (grès à *Scolithus linearis*). Ce minerai de fer est indiqué par M. Dalimier, comme existant aux environs de Falaise (Calvados) entre les grès à *Scolithus linearis* et les schistes ardoisiers à *Calymene Tristani* (*Bull. de la Soc. géol. de France*, 2e série, t. XIX, p. 907).

» 2° Le minerai trouvé dernièrement au bourg même de Saint-Aubin-d'Aubigné, à l'entrée de la route qui conduit à Ercé et à Liffré, repose sur les grès qui sont, ainsi que l'indique M. Nassieu dans sa carte géologique du département, supérieurs aux schistes ardoisiers. Ce minerai, exploité pour les forges de la Vallée, a un aspect moins ocreux, plus métallique que le précédent; je n'y ai pas encore trouvé de fossiles.

» 3° Un minerai de fer, ayant même aspect que le minerai de Saint-Saturnin, mais très-fossilifère, que l'on rencontre sur la nouvelle route que l'on fait du Bois-Roux à Gahard, à environ 3 kilomètres du Bois-Roux. Cette route peut conduire à l'endroit que l'on appelle *Bon-Air*, où se trouve la borne (108 mètres au-dessus du niveau de la mer) placée à la limite des communes d'Ercé et de Gahard. Ainsi, en partant de Bon-Air pour aller au Bois-Roux, après avoir passé l'Illette, on rencontre : 1° le calcaire dévonien ayant même aspect minéralogique que celui du Bois-Roux; 2° au haut du coteau le minerai de fer que j'ai pu suivre sur une étendue de 800 mètres environ, ensuite des grès fossilifères appartenant au même terrain.

» Les fossiles de ce minerai de fer sont analogues à ceux trouvés dans le calcaire dévonien du Bois-Roux. Ce minerai, très-fossilifère et contenant les fossiles du terrain dévonien, doit être considéré comme postérieur aux deux précédents. D'ailleurs je ne crois pas qu'il ait été déjà signalé. Depuis un mois et demi, j'ai rencontré ce minerai dans un champ, à fleur de terre, et ce n'est que depuis huit jours que je le vois retirer par blocs, par les cantonniers chargés de la construction de cette route. »

VITICULTURE. — *Expériences relatives à l'action de l'ammoniaque et à l'action prolongée de l'eau sur le* Phylloxera. Extrait d'une Lettre de M. **Gueyraud** à M. Dumas.

(Renvoi à la Commission du *Phylloxera*.)

« L'ammoniaque à l'état gazeux exerce une action énergique sur le *Phylloxera*, qui passe au rouge en quelques secondes, et meurt rapidement. Les vieux *Phylloxera*, les jeunes et les œufs sont également atteints de désorganisation sous cette influence.

» Malheureusement, la solubilité de ce gaz en rend l'application incertaine et la pénétration difficile, soit dans les couches profondes du sol, soit à une distance un peu éloignée du point où s'en opère le dégagement. Des mélanges de chaux et de sel ammoniac, enfouis à 30 centimètres de profondeur, dans des trous bouchés par une motte de terre, ont fait périr tous les *Phylloxera* du voisinage; mais au delà d'un rayon de 40 centimètres, on retrouvait des *Phylloxera* vivants.

» Une circonstance fortuite ayant retardé l'inondation d'une vigne atteinte par le *Phylloxera*, on y a fait arriver l'eau le 17 mars, et on l'a maintenue inondée jusqu'à la fin d'avril. Les plants, étant du mourvèdres et du grenache à port droit, n'ont pas souffert. Mais, le 14 juin, on a retrouvé des *Phylloxera* vivants sur 200 souches comprises pourtant dans la partie inondée. »

M. Pellet adresse, à propos d'une Communication récente de M. *Merget*, quelques observations sur la réduction des sels de platine par l'hydrogène.

L'auteur a déjà montré que les sels d'argent ne sont pas réductibles par l'hydrogène pur : la réduction n'a lieu que si l'hydrogène est accompagné de traces d'arsenic, d'antimoine, de soufre, etc. Il vient de répéter ces essais sur des sels de platine, et il a constaté également que ces sels ne sont pas réductibles par l'hydrogène pur : une solution à 10 pour 100 se réduit, au contraire, parfaitement quand on ajoute, à l'hydrogène pur, quelques traces d'arsenic, sous forme d'arsénite de potasse.

(Renvoi à la Commission nommée pour les Notes de M. Merget.)

M. Burq adresse, pour le Concours Montyon, un Mémoire intitulé « Application du thermomètre à l'idio-métalloscopie, etc. ».

(Renvoi au Concours des prix de Médecine et Chirurgie, fondation Montyon.)

CORRESPONDANCE.

La Société centrale d'Agriculture de France adresse à l'Académie le Compte rendu de sa dernière séance publique. Ce Compte rendu contient, entre autres documents, des Rapports faits par MM. *Pasteur*, *Brongniart*, *Passy*, *Peligot*, et une biographie de feu *Payen*.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Le t. XXII des Mémoires de la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève ; ce volume est consacré tout entier à un Mémoire important de feu *Éd. Claparède*, sur la structure des Annélides sédentaires et à une Notice biographique sur ce naturaliste, par M. *H. de Saussure;*

2° Une brochure de M. *Th. du Moncel*, sur l'origine de l'induction.

PHYSIQUE. — *Note sur le magnétisme;* par M. **Th. du Moncel.**

« Dans son dernier travail sur le magnétisme, inséré aux *Comptes rendus* du 30 juin 1873, M. Gaugain s'exprime ainsi :

« Lorsqu'on applique une armature de fer doux contre les faces polaires d'un aimant en fer à cheval, l'aimantation accusée par les courants d'induction se trouve augmentée dans toute l'étendue du fer à cheval et même au talon; il n'y a de diminution nulle part. Je crois devoir insister sur ce résultat, parce qu'il me paraît difficile à concilier avec l'idée généralement admise d'une *condensation* magnétique qui s'opérerait dans le voisinage de la surface de contact... »

» Cette expérience n'est pas nouvelle : je l'ai longuement développée, ainsi que beaucoup d'autres du même genre, dans mon Mémoire sur les courants induits magnéto-électriques, publié en 1859, et elle est résumée, avec les détails nécessaires, dans mon *Exposé des applications de l'électricité*, t. II (3e édition), p. 145; mais elle peut, ce me semble, être interprétée d'une manière autre que ne l'a fait M. Gaugain, car je m'en suis servi pour arriver à une déduction précisément contraire à celle qu'il a émise. Je pense que ce désaccord tient à ce que ce savant confond deux actions magnétiques complétement différentes, et qu'il se sert, pour apprécier l'une, des effets produits par l'autre.

» J'ai, en effet, démontré, par des expériences nombreuses et variées, que les aimants ont deux genres d'action : une *action dynamique* s'exerçant à la manière des *solénoïdes* d'Ampère, dont le centre correspond au milieu du noyau magnétisé, en fournissant une résultante parallèle aux spires de l'hélice magnétique, et à cette action doivent être rapportés les effets d'induction produits par les aimants, ainsi que les forces directrices échangées entre eux et les courants; en second lieu, une *action statique* qui constitue la force attractive proprement dite, et les polarités magnétiques, polarités qui varient suivant les rapports de position et de grandeur de l'aimant avec les corps magnétiques qui en reçoivent l'influence.

» Ces deux actions, quoique ayant une certaine liaison entre elles, peuvent cependant se produire indépendamment l'une de l'autre dans des conditions opposées. Ainsi la partie d'un aimant où les courants d'induction ont le plus d'énergie est celle qui correspond à la région neutre, c'est-à-dire celle qui n'a aucune polarité. Ce fait, que cite lui-même M. Gaugain, avait été avancé, il y a longtemps, par MM. Müller et Poggendorff, et je l'ai démontré moi-même de deux manières différentes. (*Voir* ma *Notice sur mes travaux scientifiques*, p. 22, et mon *Mémoire sur l'origine de l'induction*, p. 18). D'un autre côté, un faisceau de fils de fer qui fournit les courants induits les plus énergiques détermine les forces attractives les plus faibles; et un noyau magnétique ne présentant sur toute sa périphérie qu'une même polarité n'en agit pas moins comme un aimant régulièrement constitué.

» On voit donc que les courants induits déterminés par un aimant sont complétement indépendants des polarités qui y sont développées, et, à plus forte raison, que leur énergie ne peut mesurer la force attractive qui en est la conséquence. C'est pour cette raison que M. Poggendorff, dans ses recherches sur la force attractive des électro-aimants, n'avait pu concilier les lois de Jacobi avec celles qui résultaient de la mesure de la force par l'intensité des courants induits produits.

» Les effets de condensation magnétique que j'ai le premier constatés, et dont M. Gaugain conteste l'origine, sont le résultat de l'action polaire, et sont, par conséquent, étrangers à l'action dynamique. C'est une sorte d'action réflexe, échangée entre l'armature et le pôle ayant action sur elle, et qui a pour effet, non pas de déplacer le magnétisme d'un bout à l'autre de l'aimant, comme le ferait supposer l'interprétation qu'en donne M. Gaugain, mais de provoquer *moléculairement* une plus grande quantité de magnétisme, tout en amenant un changement d'orientation dans l'axe des polarités atomiques des molécules magnétiques qui constituent les chaînes de courants de l'hélice magnétique. Or il résulte de cet effet deux conséquences : 1° Les polarités atomiques étant surexcitées, les courants moléculaires se trouvent avoir plus d'énergie, et le solénoïde magnétique agit dynamiquement avec une plus grande intensité : de là le renforcement des courants induits qui résultent de l'action d'une armature sur un aimant. 2° Les polarités déterminant l'attraction se trouvant déplacées ou dissimulées plus ou moins par l'action réflexe de l'armature, toutes les polarités atomiques, dans les différentes parties de l'aimant, sont obligées de se déplacer de la même manière pour conserver leur équilibre entre elles; or

il peut en résulter soit un *affaiblissement général* dans les *polarités extérieures* de l'aimant, quand celui-ci est en contact par ses deux pôles avec l'armature, soit un *affaiblissement* à un pôle et un *renforcement* à l'autre, quand le contact avec l'armature ne se fait qu'à un pôle seulement, ce que l'expérience démontre.

» Du reste, les effets de la condensation magnétique, ou plutôt de la concentration prolongée des actions polaires magnétiques à la surface de contact des deux pièces magnétiques, sont palpables. Ainsi, si l'on prend deux électro-aimants en fer à cheval, de mêmes dimensions, disposés de manière que l'un serve d'armature à l'autre, et que l'on emploie les bobines de l'un pour recueillir les courants d'induction résultant de l'aimantation et de la désaimantation du système, tandis que les bobines de l'autre seront utilisées à produire les alternatives d'aimantation et de désaimantation, on reconnaîtra :

» 1° Que le courant induit d'aimantation sera beaucoup plus énergique *au moment de la première aimantation* qu'aux aimantations subséquentes ;

» 2° Qu'il suffira de séparer mécaniquement les deux électro-aimants et de les remettre ensuite en position, pour que ces courants d'aimantation reprennent leur énergie primitive ;

» 3° Que si, après avoir interrompu l'aimantation par le courant, on vient à séparer brusquement l'un de l'autre les deux électro-aimants, il se produit un courant de désaimantation dont l'intensité représente à peu près la perte de force des courants d'aimantation qui ont succédé aux courants primitifs.

» D'un autre côté, quand on présente, à distance, à l'un des pôles d'un aimant le bout d'une armature de fer doux, on reconnaît que la partie de cette armature occupée par le magnétisme attiré diminue successivement d'étendue à mesure que cette distance elle-même s'amoindrit, et ce magnétisme attiré se *dissimule complétement* quand les deux pièces arrivent au contact, auquel cas l'armature se trouve uniformément polarisée et ne semble plus former qu'un épanouissement du pôle avec lequel elle est en contact.

» Il est facile de comprendre que ces effets ne peuvent être expliqués que par une action condensante qui, après une première surexcitation donnée à l'aimant, immobilise une partie des polarités développées au point de contact des deux pièces magnétiques, et qui est suffisante pour dissimuler complétement à l'extérieur la polarité contraire excitée dans l'armature. Ce qui montre encore l'analogie de ces effets avec ceux qui sont développés dans un condensateur électrique, c'est qu'ils dépendent

beaucoup de l'étendue des surfaces magnétiques ayant action l'une sur l'autre.

» Cette immobilisation des polarités magnétiques ainsi développées, qu'on a souvent confondue avec le magnétisme rémanent, et qu'on retrouve avec les fers les plus doux, est tellement caractérisée, que j'ai pu conserver pendant plus d'un an un système magnétique dont l'armature avait été ainsi collée après une première aimantation, et qui, au bout de ce temps, fournissait un courant d'induction presque aussi énergique que dans l'origine; mais cette action ne se renouvelait pas lors d'un second contact. C'est précisément en raison de cet effet que, pour conserver un aimant permanent, on munit ses deux pôles d'une armature de fer doux.

» J'ai longuement développé toute cette théorie dans mon *Étude du magnétisme*, mes *Recherches sur les meilleures conditions de construction des électro-aimants* et mon *Mémoire sur l'origine de l'induction*. Les expériences si nettes et si précises de M. Jamin ne peuvent d'ailleurs laisser aucun doute à cet égard, surtout si l'on se pénètre du double rôle des aimants et des théories magnétiques qu'ont entraînées les recherches faites sur le diamagnétisme, entre autres celles de MM. Weber et de la Rive.

» Une des conséquences les plus curieuses de la condensation magnétique est le ralentissement qui est donné à la production du courant de désaimantation dans un système magnétique fermé, quand on vient à interrompre le courant voltaïque qui aimante le système. Ainsi, dans l'expérience, citée plus haut, de deux électro-aimants opposés l'un à l'autre, les effets de tension, les commotions physiologiques sont infiniment plus marqués quand la traverse ou le talon réunissant les deux branches de l'électro-aimant induit est enlevée, que quand elle y reste adhérente; et pourtant, dans ce dernier cas, l'action sur le galvanomètre est notablement plus grande. Cela vient précisément de ce que, les mouvements magnétiques se trouvant entravés par la condensation, les alternatives de désaimantation sont moins rapide, et conséquemment la tension des courants induits qui en résultent devient moins grande.

» Tous ces effets sont d'ailleurs analogues à ceux que l'on remarque dans les transmissions électriques à travers les câbles sous-marins. Dans ces transmissions, en effet, il existe une action *dynamique* qui est en rapport avec le courant transmis et une *action statique* qui est représentée par la condensation produite à travers l'enveloppe isolante du câble. Or ces deux actions, tout en existant simultanément, donnent lieu à des effets

tout à fait différents qui, en s'entre-influençant réciproquement, entraînent comme précédemment un ralentissement dans la rapidité du développement électrique qui les a engendrés. »

PHYSIQUE. — *Sur la période variable à la fermeture d'un circuit voltaïque;* par M. A. CAZIN.

« Les recherches que j'ai entreprises sur les effets thermiques du magnétisme m'ont conduit incidemment à étudier l'état des diverses parties d'un circuit voltaïque contenant une bobine ou un électro-aimant, depuis le moment où s'opère la fermeture jusqu'à celui où l'état permanent est atteint. La divergence des opinions qui règnent sur cette question m'a fait adopter une méthode expérimentale nouvelle.

» Voici le principe de l'appareil que m'a construit M. Ruhmkorff.

» Un poids oblong, de 1 kilogramme environ, peut tomber d'une hauteur de 1 mètre entre deux rainures verticales qui le guident. Ce poids porte deux pièces métalliques isolées. La première est une tige de fer verticale, ayant 40 centimètres de longueur, dont l'extrémité supérieure communique par un fil flexible avec l'un des pôles de la pile. Lorsque le poids tombe, cette tige s'engage dans une éprouvette contenant du mercure qui communique avec l'autre pôle. Le circuit se ferme donc au moment où la tige rencontre le mercure, et ce moment est déterminé par la distance du niveau à l'origine du mouvement. On fait varier cette distance à volonté, en ajoutant ou enlevant du mercure.

» La seconde pièce portée par le poids est un ressort d'acier qui communique par un fil flexible avec un point du circuit. Un autre point du circuit communique, par l'intermédiaire d'un galvanomètre, avec une plaque métallique isolée, fixée au bâti de l'appareil. Lorsquej le poids tombe, le ressort touche la plaque fixe pendant un instant ($0^s,0004$) et une dérivation temporaire s'établit par le galvanomètre entre les deux points du circuit que l'on considère.

» On peut ainsi produire une dérivation d'une durée invariable à une époque quelconque après la fermeture du circuit, et calculer l'intervalle de temps qui s'écoule entre la fermeture et la dérivation d'après la hauteur du mercure contenu dans l'éprouvette. Dans mon appareil, un changement de hauteur de 1 millimètre correspond à $0^s,0002$.

» Pour que la dérivation temporaire ne trouble pas d'une manière notable l'état du circuit, il convient d'employer un galvanomètre à fil long.

J'ai fait usage d'un galvanomètre de 30 000 tours de M. Ruhmkorff. Cependant on peut vérifier les propositions suivantes à l'aide d'un galvanomètre ordinaire. On obtient des déviations constantes, dans les mêmes circonstances, lorsqu'elles ne dépassent pas 20 degrés.

» Considérons un circuit voltaïque, contenant diverses parties de même longueur réduite, les unes rectilignes, les autres enroulées en bobines, et supposons qu'une de ces parties soit *l'intervalle* d'une dérivation temporaire, de durée constante. Lorsque cette dérivation se fait longtemps après la fermeture du circuit, par conséquent dans *l'état permanent*, la déviation de l'aiguille du galvanomètre placé dans la dérivation est constante, quel que soit l'endroit du circuit où se trouve placé *l'intervalle*, pourvu toutefois qu'on fasse usage d'un galvanomètre à fil long.

» Les choses se passent autrement lorsque la dérivation temporaire a lieu pendant la *période variable* de fermeture.

» 1° Lorsque l'intervalle de dérivation est rectiligne, la déviation du galvanomètre croît d'une manière continue, à mesure qu'on fait croître le temps compris entre la fermeture du circuit et le contact de dérivation. Cette déviation est une fonction du temps, laquelle reste la même quelles que soient la place de la dérivation dans le circuit et celle du point de fermeture.

» 2° Lorsque l'intervalle de dérivation est enroulé en bobine, la déviation du galvanomètre croît d'abord très-rapidement, atteint un maximum, puis décroît d'une manière continue, quand on fait croître le temps compris entre la fermeture du circuit et le contact de dérivation. La loi de cette variation est la même, quelles que soient la place de la bobine et celle du point de fermeture.

» 3° La durée de la période variable, évaluée d'après l'une ou l'autre de ces manières d'opérer, est la même.

» 4° Cette durée augmente considérablement lorsqu'on met du fer dans les bobines.

» 5° Lorsqu'on fait varier la longueur de l'intervalle de dérivation, pris soit sur un même fil rectiligne, soit sur une même bobine, la déviation est proportionnelle à cette longueur.

» *Exemple :* Le circuit contient une bobine, dont le fil de cuivre a une longueur totale de 900 mètres, avec un diamètre de 3 millimètres environ, et forme 960 spires : il contient aussi un fil de platine, immergé dans l'eau, ayant une résistance égale à celle de la moitié de la bobine.

» L'intensité du courant est 0,042, l'unité de courant étant celui qui décompose 9 milligrammes d'eau en une seconde.

Époque de la dérivation en dix millièmes de seconde.	Déviation observée, l'intervalle de dérivation étant le fil de platine.	la moitié de la bobine.
2	»	47
10	7	154
21	14	144
31	20	126
42	26	113
62	30	94
83	37	79
104	40	68
146	43	56
187	43	51
229	46	48
271	45	46
313	45	»
355	46	»
397	46	»
∞	47	47

» Dans ce tableau, les déviations sont évaluées en dixièmes de degré. On les appréciait facilement sur le cadran du galvanomètre.

» On voit que la durée de la période variable était de $0^s,0271$ environ.

» Elle était quadruplée quand on mettait un noyau de fer dans la bobine.

» La marche générale du phénomène ne changeait pas.

» En prenant la bobine entière pour intervalle de dérivation, on avait des déviations doubles des précédentes, dans les mêmes circonstances, conformément à la cinquième proposition.

» Les mêmes faits ont été observés avec une bobine, dont le fil avait le même diamètre que celui de la précédente, et une longueur triple (2900 mètres.)

» Les propositions qui précèdent sont renfermées dans la suivante :

» *Proposition générale.* Considérons un circuit voltaïque dont le fil homogène présente des portions rectilignes et des portions enroulées en spirale.

» Appelons V le *potentiel* en un point, dont x désigne la distance à un point quelconque du circuit, comptée le long du fil; le coefficient différentiel $\frac{dV}{dx}$ possède à chaque instant la même valeur aux différents points des portions rectilignes; il croît graduellement avec le temps. Restant aussi le même aux divers points d'une portion enroulée, dont les éléments

sont partout soumis à des actions inductrices égales, ce coefficient croît d'abord très-rapidement avec le temps, atteint un maximum, et décroît d'une manière continue, jusqu'à ce qu'il ait la même valeur que dans les portions rectilignes : on est arrivé alors à l'état permanent.

» Ainsi, dans la période variable de fermeture, $\frac{dV}{dx}$ n'est pas une fonction du temps seul; il dépend de x et de la manière dont les circonvolutions sont disposées au point que l'on considère.

» Ce coefficient est proportionnel à l'intensité du courant i.

» Récemment, M. Blaserna a cherché à déduire les lois de la période variable, de l'observation des effets produits par un courant interrompu périodiquement à l'aide d'un appareil à rotation (*Annales de Chimie et de Physique*, t. XXII, 1871.). En effet, si l'on admet que l'intensité i à l'époque t soit fonction du temps seul, et qu'il n'y ait pas d'effet appréciable à l'ouverture du circuit, l'intensité moyenne du courant interrompu donne la mesure de $\int_0^t i\,dt$, et il est théoriquement possible de calculer i d'après cette intégrale. Cette méthode ne me paraît pas susceptible de précision; mais la complexité de la fonction i est une objection plus importante. La conclusion du savant italien, à savoir, que l'intensité est alternativement croissante et décroissante pendant la période variable de fermeture, n'est donc pas rigoureusement fondée sur les faits observés.

» La relation qui existe entre $\frac{dV}{dx}$ et l'intensité moyenne du courant interrompu pourra être fournie par une théorie mathématique, telle que celle de M. Kirchhoff. Ce savant a établi, sur les principes de l'Électrostatique, des formules générales, relatives à la période variable; mais il n'a appliqué, je crois, ces formules qu'à un fil rectiligne. Lorsque le cas d'un fil enroulé en spirale aura été traité, il sera intéressant de comparer les faits observés aux indications théoriques.

» M. Kirchhoff a trouvé, par le calcul, que, dans la période variable, il y aurait de l'électricité libre à la fois à la surface et à l'intérieur du fil, tandis que, dans l'état permanent, il n'y en aurait qu'à la surface. Cette idée me paraît correspondre à la suivante, à laquelle j'ai été conduit par l'expérience.

» Dans tout phénomène d'induction, il y aurait deux opérations successives, à savoir une production d'électricité statique et une décharge de cette électricité. Dans les extra-courants, la production se ferait dans les por-

tions enroulées du circuit; quant à la décharge, elle pourrait être locale ou générale, suivant les circonstances; les effets des courants interrompus varieraient avec ces circonstances. »

PHYSIQUE. — *Sur un baromètre dit* absolu. Note de MM. **Hans** et **Hermary**, présentée par M. Jamin.

« Le baromètre que nous avons l'honneur de présenter à l'Académie est fondé sur la comparaison d'un thermomètre à air et d'un thermomètre à liquide. Divers essais déjà tentés dans cette voie ont eu à lutter contre deux difficultés que nous croyons avoir vaincues.

» La pression atmosphérique se déduisait des indications fournies par les thermomètres au moyen d'un calcul très-simple d'ailleurs, mais qu'on était obligé de faire après chaque observation. Nous substituons à ce calcul une construction géométrique, fondée sur les considérations suivantes. Supposons deux thermomètres ordinaires A et B, placés parallèlement. Les allongements des colonnes, pour une même élévation de température, étant constamment proportionnels, la ligne droite qui joint les extrémités de ces colonnes passera constamment par un point P.

» Si B est un thermomètre à gaz, A étant toujours un thermomètre à liquide, cette propriété subsistera, pourvu que la pression ne change pas. Si la pression change, les indications de B seront modifiées, le point P se déplacera décrivant un certain lieu. Qu'on gradue ce lieu, on aura un baromètre. Or ce lieu est une ligne droite. En effet, soient a et b les sommets des colonnes thermométriques à — 273 degrés (nous supposons la loi géométrique admise pour les dilatations, prolongée indéfiniment; c'est à ce point de vue que nous considérons la température — 273 degrés; nous n'y attachons aucune idée physique). A cette température, le volume du gaz étant nul, les indications de B ne sont plus modifiées par la pression; la ligne ab sera donc la même pour toutes les pressions; elle devra passer par tous les points tels que P et sera, par conséquent, le lieu cherché.

» *Du thermomètre à air.* — Cet appareil se compose essentiellement d'une certaine masse d'air emprisonnée dans un tube, à l'aide d'une colonne liquide, dont les déplacements indiquent les variations de volume du gaz. Il résulte d'expériences de plusieurs physiciens et de nos recherches personnelles que l'acide sulfurique est le liquide qui remplit le mieux les conditions imposées à un bon obturateur; il ne se solidifie pas et n'émet pas de vapeurs sous l'influence des températures extrêmes de nos climats;

la netteté de son ménisque donne une bonne lecture. Nous l'avons donc adopté. La rapidité avec laquelle ce liquide absorbe la vapeur d'eau exige qu'il soit isolé de l'air extérieur. Nous obtenons ce résultat par l'emploi d'un deuxième obturateur d'huile d'horlogerie.

» Un premier instrument, construit d'après ces principes, fonctionne régulièrement depuis un an, mais nous croyons que les chocs réitérés d'un transport pourraient diviser la colonne d'acide sulfurique, et il serait difficile, sinon impossible, de la rétablir dans les conditions primitives. Nous avons paré à cet inconvénient en plaçant les colonnes liquides dans des tubes en U, et les prenant assez longues pour que, dans leurs positions moyennes, elles occupent des longueurs à peu près égales dans chacune des branches.

» Par cette disposition, la division des colonnes est rendue plus difficile, et, si néanmoins elle se produit, il est toujours facile de rétablir la continuité du liquide en employant le mouvement de fronde dont l'usage est bien connu pour les thermomètres. Nous utilisons aussi ce mouvement de fronde dans la construction de l'appareil; grâce à ce perfectionnement, l'introduction des colonnes liquides, qui naguère était une opération assez difficile, s'exécute maintenant avec une facilité étonnante.

» *Du baromètre.* — Il suffit de jeter un coup d'œil sur l'instrument pour voir comment l'opération géométrique qui détermine la pression atmosphérique est exécutée à l'aide d'un fil tendu entre deux curseurs.

» On remarquera que les colonnes liquides sont placées toutes du même côté, de telle sorte que, l'instrument étant placé convenablement dans sa boîte, on peut facilement soumettre l'ensemble à un mouvement de fronde qui rétablisse la continuité de l'une des colonnes sans risquer de diviser les autres.

» Cet instrument a été construit avec un thermomètre à alcool et un tube de verre pris au hasard dans le commerce. Ses indications peuvent comporter quelques erreurs provenant du défaut de proportionnalité entre la dilatation de l'alcool et celle de l'air, et des irrégularités des sections des tubes. Ce n'est donc pas un instrument de précision; mais il suffit parfaitement pour constater les variations de pression atmosphérique qui précèdent ou accompagnent les principaux phénomènes météorologiques.

Comment on pourrait construire un baromètre de précision. — En employant le thermomètre à mercure, et faisant un choix judicieux des tubes qui doivent entrer dans la construction des deux thermomètres, on pourrait faire un baromètre de précision fondé sur les principes énoncés ci-dessus. Nous

croyons qu'à cet instrument on pourrait en substituer un plus simple et moins volumineux, consistant en deux thermomètres, l'un à liquide, l'autre à air, portant tous les deux des graduations arbitraires, mais bien étudiées d'avance. La pression atmosphérique s'obtiendrait à l'aide d'une table ou d'un calcul. Ce calcul n'aurait aucun inconvénient pour un instrument destiné uniquement à des observations scientifiques. »

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Note sur la dissociation de l'oxyde rouge de mercure;* par M. **H. Debray.**

« M. J. Myers a publié récemment un Mémoire (1) sur la dissociation de l'oxyde rouge de mercure dont les conclusions, peu en rapport avec ce que nous savons aujourd'hui de ce phénomène général, ne me paraissent pas justifiées.

» Voici en peu de mots quelles sont les expériences du chimiste hollandais. Il chauffe de l'oxyde rouge de mercure dans un tube de verre, mis en communication avec une pompe de Geissler, permettant, soit de faire le vide dans le tube, soit de mesurer la tension du gaz qui se dégage lorsqu'on le chauffe. Il trouve ainsi que, à 150 degrés, la tension atteint bientôt 2 millimètres et reste stationnaire lorsqu'on continue à chauffer l'oxyde durant une heure environ. A 240 degrés, elle reste encore égale à 2 millimètres; à 293 degrés elle ne dépasse pas, dans les mêmes conditions, $2^{mm},5$; elle atteint 8 millimètres à la température de 350 degrés, mais au-dessus de ce point, vers 400 degrés, la tension de l'oxygène dégagé par l'oxyde de mercure n'a plus de limite supérieure; elle croît constamment, quoique lentement, avec la durée de l'expérience. C'est ainsi qu'elle atteint progressivement 16 millimètres à 400 degrés, après 5 heures de chauffe, et 343 millimètres à 500 degrés, l'expérience étant prolongée pendant 7 heures.

» La tension du gaz ne diminuant pas sensiblement dans ses expériences par un refroidissement lent ou rapide, M. Myers a cru devoir en tirer les conclusions suivantes:

» La dissociation de l'oxyde de mercure est normale jusqu'à une température inférieure à 400 degrés, sauf que la tension atteinte ne diminue pas par le refroidissement. A partir de 400 degrés (probablement un peu au-dessous), il n'y a plus de tension maximum; la décomposition est con-

(1) *Deutsche chemische Gesellschaft*, t. VI, p. 11; 1873.

tinue et deviendrait totale après un temps suffisamment long, « parce que » les molécules séparées possèdent alors un mouvement plus rapide que » celui qui convient à la combinaison. »

» Beaucoup de chimistes ont encore, sur la dissociation, des idées trop incomplètes et parfois même inexactes pour qu'il soit possible de laisser passer sans observations des conclusions que n'autorisent pas, à mon avis, les résultats, fort exacts d'ailleurs, d'expériences nombreuses et souvent très-délicates que l'auteur a effectuées dans le travail que j'ai succinctement résumé.

» Pour étudier les lois de la dissociation de l'oxyde de mercure, il faudrait, si l'on veut conserver à ce mot le sens net et précis que lui a donné M. H. Sainte-Claire Deville, chauffer ce corps dans un espace dont tous les points fussent à la même température et déterminer, pour chacune des températures successivement communiquées à cet espace, la tension *maximum* que prennent alors l'oxygène et la vapeur de mercure.

» Il y aura, en effet, dans ce cas, un maximum de pression ; car, si d'une part la chaleur décompose l'oxyde de mercure, d'autre part, elle détermine la combinaison de l'oxygène et de la vapeur de mercure, et cela dans des limites de température bien autrement étendues que ne le pense M. Myers, en reproduisant de l'oxyde de mercure, de sorte qu'il arrivera un moment où, ces deux tendances se faisant équilibre, la tension des gaz dégagés demeurera constante. Sans aucun doute, la valeur de cette force élastique croîtra avec la température, sans que nous puissions déterminer *a priori* la loi de cette variation et la nature des circonstances qui peuvent modifier sa grandeur.

» En 1867, j'avais entrepris cette étude, dont l'intérêt était d'ailleurs plus général (1), car les lois particulières de ce phénomène s'appliqueraient sans doute à beaucoup d'autres corps, susceptibles, comme l'oxyde de mercure, de se dédoubler par la chaleur en deux éléments gazeux : tels sont l'eau et le perchlorure de phosphore ; si je n'ai pas publié ces recherches, c'est que, pas plus que celles de M. Myers, elles n'étaient de nature à éclairer beaucoup ce sujet important.

» J'avais d'abord employé un appareil ressemblant beaucoup à celui de ce chimiste; mais je n'ai pas tardé à reconnaître qu'il ne pouvait servir à déterminer les lois du phénomène. En voici la raison.

» Supposons pour un instant que, à la température de 440 degrés, la

(1) *Comptes rendus*, t. LXIV, p. 196.

décomposition de l'oxyde de mercure soit limitée par une tension d'oxygène, la tension correspondante de la vapeur de mercure.

» Si l'on vient alors à enlever la totalité ou seulement une partie du mercure, il est évident que l'on rompra l'équilibre existant entre les tendances à la décomposition de l'oxyde et à la combinaison des éléments séparés. Une nouvelle décomposition de l'oxyde aura donc lieu pour restituer le mercure soustrait à l'action de l'oxygène : la tension de ce dernier devra donc augmenter, et si l'on continue à enlever le mercure au fur et à mesure qu'il se forme, on ne voit pas de raison *a priori* pour que la tension de l'oxygène n'augmente pas d'une manière indéfinie.

» Dans nos appareils, l'élimination du mercure dégagé dans la partie chaude s'effectue d'une manière continue et naturelle en vertu du principe de Watt sur la condensation des vapeurs. Le métal vient se condenser sur les parties froides et échappe ainsi à l'action de l'oxygène dont la tension augmente progressivement. Dans mes expériences, elle pouvait dépasser la pression atmosphérique. Ces appareils ne sont donc pas disposés de manière à mesurer la tension de dissociation de l'oxyde de mercure, et la décomposition qu'on y observe n'a aucun rapport avec la dissociation véritable. Pour bien montrer que ce n'est pas à l'impossibilité où se trouverait la vapeur de mercure, vers 400 degrés, de se combiner à l'oxygène qu'est due la continuité de la décomposition, on peut chauffer, dans la vapeur du soufre, à 440 degrés, des tubes scellés contenant du mercure et de l'oxygène; il se forme alors sur les parois du tube des cristaux rouge-rubis, transparents, d'oxyde de mercure que les anciens chimistes connaissaient sous le nom de précipité *per se*, et la presque totalité des gaz se trouve absorbée. J'espérais qu'en refroidissant rapidement les tubes chauffés à 440 degrés je retrouverais une portion notable du gaz qui doit rester non combiné au mercure à cette température; mais il paraît que la combinaison des deux éléments gazeux met moins de temps à s'effectuer dans le tube qu'il n'en faut à la vapeur de mercure pour se condenser et arriver aux températures où elle est sans action sensible sur l'oxygène.

» Si donc l'oxygène ne s'est pas recombiné au mercure dans les expériences faites au-dessus et au-dessous de 350 degrés par M. Myers, il faut en chercher la raison dans la condensation du métal dégagé pendant la décomposition sur les parois froides de l'appareil : on ne peut pas conclure non plus que la tension soit réellement limitée au-dessous de 350 degrés; la décomposition est alors trop lente pour qu'il y ait des variations bien sensibles en quelques heures.

» Mais ce que confirment manifestement ces expériences, c'est que la décomposition de l'oxyde de mercure n'est nullement empêchée par l'augmentation de pression de l'oxygène, quand on soustrait le mercure dégagé à l'action de ce gaz; il faut, pour que la décomposition de l'oxyde soit arrêtée, pour qu'il cesse de se dissocier, que ce corps soit en contact, non pas seulement avec l'un de ses éléments, mais avec tous les deux, à une pression convenable et dépendante de la température.

» On ne peut donc pas admettre, comme l'a fait dernièrement M. Wurtz, dans son beau travail sur le perchlorure de phosphore, que la dissociation de ce corps, en chlore et protochlorure, soit empêchée par la présence d'un excès de protochlorure. Si l'illustre chimiste a trouvé pour le perchlorure une densité de vapeur plus grande que la densité habituelle, en le faisant vaporiser dans une grande quantité de protochlorure, cela peut tenir à ce que la rapidité avec laquelle un composé se dissocie dans un gaz inerte est moindre que lorsqu'il est chauffé seul (1). Mais il ne résulte pas de son expérience que, en maintenant suffisamment le mélange à une température constante, on ne retrouverait pas la densité de vapeurs correspondant à la dissociation normale. J'ai hâte de déclarer d'ailleurs que cette remarque, importante au point de vue de la théorie de la dissociation, n'enlève rien à la rigueur des conclusions que M. Wurtz a tirées de ses expériences sur le perchlorure de phosphore. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur un moyen de comparer les poudres entre elles.* Note de M. DE TROMENEC, présentée par M. Berthelot (2).

« Les différents moyens de comparer les poudres entre elles sont jusqu'à présent le pendule balistique, le mortier-éprouvette, les éprouvettes à ressort, etc.

---

(1) On remarquera que l'analogie qui existe entre les phénomènes de vaporisation et de dissociation rend cette interprétation bien plausible. L'eau se vaporise beaucoup plus vite dans le vide que dans un gaz, l'hydrogène ou l'oxygène par exemple; mais la tension maximum de la vapeur est la même dans ces gaz que dans le vide.

(2) Ce Mémoire m'a été remis dans le cours de l'année 1872. L'auteur n'en avait pas réclamé la publication immédiate, pour diverses circonstances, et surtout à cause du désir de compléter ses expériences par l'analyse des produits de la combustion de la poudre. Mais, ayant appris que d'autres savants s'occupaient de la même question, je crois devoir faire connaître ce travail, tel qu'il m'a été communiqué, afin de réserver les droits de l'auteur. (Note de M. Berthelot.)

» Ces moyens sont généralement jugés insuffisants : les résultats qu'ils donnent ne sont pas toujours comparables d'un établissement à l'autre ; on ne peut comparer entre elles que des poudres différant peu par leurs caractères physiques. Il est évident, par exemple, que, si l'on tire dans le mortier éprouvette une poudre très-fine, puis une poudre très-grosse, les résultats que l'on obtient ne peuvent servir de termes de comparaison entre les deux poudres.

. Le procédé que nous proposons s'applique à toute espèce de poudre, et en donne la valeur absolue, indépendamment de l'arme dans laquelle elle est tirée.

» *Définition.* — Lorsqu'une poudre détone, elle produit sur les corps voisins des effets mécaniques, dont l'intensité varie avec la nature de la poudre et avec la quantité employée.

» Si nous supposons que la détonation ait lieu dans un cylindre, dont les parois ne puissent *ni s'échauffer ni se dilater*, et dans lequel glisse un piston chargé de poids, tout l'effort de la poudre sera employé à soulever le piston, qui sera soulevé d'autant plus haut que la poudre est plus forte.

» Supposons, par exemple, que 5 grammes d'une poudre soulèvent à 1 mètre de hauteur le piston chargé de 1000 kilogrammes, le travail développé sera de 1000 kilogrammètres. Si 5 grammes d'une autre poudre le soulèvent à $1^{m},10$ de hauteur, le travail sera de 1100 kilogrammètres, et nous pourrons dire que les deux poudres sont entre elles comme 10 : 11.

» En général, nous appellerons *force absolue d'une poudre* le plus grand nombre de kilogrammètres qu'elle puisse produire en détonant ; nous avons ainsi une définition qui nous permet, non-seulement de comparer les poudres entre elles, mais encore de les comparer à tous les autres moteurs.

» *Mesure de la force absolue.* — Pour mesurer la force absolue de la poudre, on peut se baser sur ce principe de thermodynamique : Lorsqu'un corps détone sans produire d'effet dynamique, la force disponible se transforme en chaleur. Il suffit donc de faire détoner la poudre en vase clos et de mesurer la chaleur produite (1).

» *Description de l'appareil.* — L'appareil que nous proposons se compose

---

(1) Cette méthode a déjà été employée par MM. Bunsen et Schischkoff ; mais les valeurs numériques qu'ils ont observées sont plus faibles que les nôtres, sans doute à cause d'une combustion moins complète.

d'un vase cylindrique en acier fondu (1), ayant une capacité intérieure d'un demi-litre environ et des parois fort épaisses, de 3 à 4 centimètres.

» Le vase est hermétiquement fermé par un bouchon à vis, muni d'un canal central fermant à robinet et de deux conduits latéraux, où sont mastiqués les deux fils d'un appareil électrique destiné à enflammer la charge.

» Dans une des parois du vase, il serait utile de visser un élément thermo-électrique, destiné à donner la température des gaz dans les périodes qui suivent l'explosion; mais nous n'avons pas encore réalisé cette disposition.

» Le vase est placé dans un récipient en tôle rempli d'eau, qui sert de calorimètre, et qui lui-même est placé dans un baquet rempli de coton, pour éviter les pertes de chaleur. Le vase est rendu immobile par une vis de pression qui appuie sur le bouchon.

» Un thermomètre donne la mesure de la température à un centième de degré près. On agite l'eau au moyen d'un agitateur.

» *Expériences* (3 juillet 1870). — La valeur de l'obus, du calorimètre, du thermomètre et de l'agitateur, réduite en eau (K), a été calculée à 526 grammes, en prenant pour base les capacités calorifiques données dans la *Physique* de Jamin.

» Le calorimètre contenait 1500 grammes d'eau à chaque expérience; on avait ainsi : $K + P = 2^{kg},026$.

Poudre à canon du Bouchet (1861).

Poids de la poudre..	5 grammes
Élévation de température observée..........................	$2^{\circ},1$
Nombre de calories correspondant à 5 grammes de poudre........	$4^{Cal},2546$
Nombre de calories correspondant à 1 kilogramme de poudre....	840 Calories

Poudre de mine.

Poids de la poudre..	5 grammes
Élévation de température observée..........................	$1^{\circ},8$
Nombre de calories correspondant à 5 grammes de poudre........	$3^{Cal},6468$
Nombre de calories correspondant à 1 kilogramme de poudre....	729 Calories

Poudre de contrebande, d'origine anglaise.

Poids de la poudre..	5 grammes
Élévation de température observée..........................	$2^{\circ},2$
Nombre de calories correspondant à 5 grammes de poudre.......	$4^{Cal},4572$
Nombre de calories correspondant à 1 kilogramme de poudre....	891 Calories

» Les chiffres 840, 729 et 891 peuvent servir de comparaison entre ces poudres. »

---

(1) Dans ces premiers essais, nous avons employé simplement un obus de 4 en fonte.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les oxalines ou éthers de la glycérine et des alcools polyatomiques;* par M. LORIN. (Extrait.)

« L'acide oxalique et la glycérine donnent naissance à l'oxaline, composé solide, blanc, soyeux comme l'acétamide, hygrométrique, d'un aspect gras. Chauffé, il entre en fusion, émet des vapeurs, dégage de l'oxyde de carbone et laisse de la glycérine.

» L'ammoniaque convertit l'oxaline en oxamide.

» L'acide oxalique donne un composé analogue avec la mannite.

» L'auteur avait déjà signalé la formation d'une substance du même type par l'action de l'acide oxalique sur le glycol.

» Ces recherches ont été effectuées au laboratoire de l'École centrale. »

ZOOLOGIE. — *Sur la position zoologique et le rôle des Acariens parasites connus sous les noms d'*Hypopus, Homopus *et* Trichodactylus; Note de M. MÉGNIN, présentée par M. Ch. Robin.

« Degeer, le premier, en 1735, observa sur la mouche domestique de très-petits Acariens rougeâtres, à corps ovale, à tête munie d'une petite trompe déliée, garnie de poils assez longs, à pattes antérieures assez grosses, les dernières filiformes (1), que Linné inscrivit dans son *Systema naturæ* sous le nom d'*Acarus muscarum*. Geoffroy, qui paraît l'avoir vu aussi, nomma cet Acarien *mite brune* des mouches (2).

» Hermann, en avril 1757, trouva aussi, sur le ventre et les pieds d'une larve de scarabée ou de la trichie hermite, un très-grand nombre de petites mites ovales, charnues, d'un brun jaunâtre, ayant les pieds courts et roides et le tarse garni de piquants tendus en avant, qu'il nomma *Acarus spinitarsus* (3); il lui donne une longueur de $\frac{3}{20}$ de ligne, une paire de soies postérieures et une antérieure qu'il regarde comme des antennules, un corps gras, à peine plus large qu'épais.

» En 1781, Schranck fit connaître, sous le nom d'*Acarus acarorum*, une petite mite semblable, trouvée sur une grande mite, l'*Acarus crassipes* L., qui n'est autre que le mâle d'une espèce de Gamase (4).

---

(1) DEGEER, t. VIII, p. 115, pl. 7, *fig.* 1, 2, 3.

(2) *Histoire des insectes*, t. II, p. 624, n° 6.

(3) *Mémoire aptérologique*, p. 85, pl. 6, *fig.* 5.

(4) *Enumeratio insectorum Austriæ.* Augusta Vindelicorum; 1781, p. 524.

» Dugès, en 1834 (1), trouva sur un Hister un Acarien qu'il regarda comme identique à celui d'Hermann et qu'il nomma *Hypopus;* à ce genre il rattacha l'*Acarus muscarum* de Degeer, le *Spinitarsus* d'Hermann et le pou du limaçon de Lyonnet.

» Dufour, en 1839 (2), fit connaître deux autres espèces de ce genre, l'une (l'*H. Feroniarum*) vivant en troupes serrées sur la tête et le corselet des Féronies, l'autre (l'*H. Sapromyzarum*) vivant sur les Diptères du genre *Sapromyza;* et, en même temps, il fit connaître sous le nom de *Trichodactyle* un autre Acarien parasite des Osmies qui appartient certainement au même système de développement.

» Koch admit le nouveau genre dans son ouvrage sur les Arachnides (3), paru en 1843, l'enrichit de nouvelles espèces et créa le genre *Homopus* pour les Trichodactyles de L. Dufour.

» La même année, Dujardin rencontra, sur l'aile d'une abeille, un petit Acarien dont il fit d'abord un genre spécial sous le nom d'*Anoctus*, qu'il supprima ensuite lorsqu'il reconnut qu'il s'agissait d'un véritable *Hypopus* (4).

» Un peu plus tard, Gervais décrivit encore une nouvelle espèce d'*Hypopus* et classa ce genre à côté des Tyroglyphes (5).

» En 1847, Dujardin reprit l'étude de ces petits êtres et ajouta dix nouvelles formes à la liste des espèces déjà connues (6). Dans ce travail, Dujardin fait remarquer les nombreuses ventouses abdominales qui servent aux Hypopes pour se fixer sur les insectes sur lesquels on les trouve en parasites; il constate l'absence de mandibules et regarde ces Acariens comme privés complétement de bouche. Ayant recueilli sur une fougère, au milieu de plusieurs autres Hypopes et de nombreux Gamases, des individus desséchés dont l'enveloppe renfermait une forme molle d'Acariens pourvus de palpes et de mandibules chélifères, il fut porté à regarder les Hypopes comme des larves de Gamases et il vit une confirmation de son opinion dans le fait que l'on rencontre souvent les Hypopes en compagnie des Gamases.

» En 1868, Claparède, dans une étude très-approfondie sur l'embryolo-

---

(1) *Annales des Sciences mathématiques*, 2e série, t. I, p. 37.
(2) *Annales des Sciences mathématiques*, 2e série, t. XI, p. 278.
(3) *Uebersicht der Arachniden Systems*, von Koch, 1839-1843.
(4) *Annales des Sciences naturelles*, 3e série: *Zool.*, t. II, p. 245.
(5) Suite à Buffon. *Les Aptères*, t. III, p. 260.
(6) *Loco citato.*

gie de quelques Acariens (1), rapporte qu'une larve octopode ou nymphe d'un Tyroglyphe particulier [déjà décrit par MM. Fumouze et Robin sous le nom de *Tyroglyphus echinopus* (2)], s'étant, sous ses yeux, et en muant, transformée en Hypope, il a été conduit à le regarder comme le mâle adulte du Tyroglyphe en question, et il donne comme preuve la tendance qu'ont ces Hypopes à s'attacher aux femelles adultes du Tyroglyphe, et l'absence d'autres mâles. L'étude si complète, faite par MM. Fumouze et Robin, de cette nouvelle espèce de Tyroglyphe à ses différents âges et dans les deux sexes, détruit l'interprétation de Claparède; mais le fait de son observation subsiste.

» L'*Hypopus* est un Acarien évidemment imparfait, malgré la présence de ses huit pattes, car il est impossible de trouver trace d'organes sexuels. Les observations soutenues, renfermées ici, le prouvent. Pour étudier les diverses phases du développement, à tous les âges et dans les deux sexes, d'un Acarien nouveau que nous venons de décrire, le *Tyroglyphus rostro-serratus* (Mégnin) (3), nous élevons de nombreuses générations de cet être microscopique, dans des cages de fer-blanc, en leur fournissant simplement des épluchures de champignons qui leur servent à la fois d'aliments et d'habitat. Un fait nous avait frappé en observant nos élèves : c'est que, tant que le champignon était humide et en pleine décomposition, des myriades de Tyroglyphes à scie grouillaient dans nos boîtes; quand, au contraire, les champignons commençaient à se dessécher, les Tyroglyphes disparaissaient en grande partie, et étaient remplacés par des légions d'un petit Hypope, facile à reconnaître pour l'*H. Feroniarum* de Dufour, ou l'*H. Dugesii* de Claparède. En renouvelant la provision de champignons, les Hypopes disparaissaient à leur tour, remplacés de nouveau par les Tyroglyphes. L'observation la plus attentive ne montrait aucun Gamase dans les cages.

» Persuadés que ces Hypopes devaient changer de forme en muant, nous en avons isolé à différentes reprises dans de petites cages de verre, mais sans succès : ils restaient inertes, collés aux parois, et comme privés de vie. L'idée nous étant venue de les mettre en contact avec du champignon frais, *nous les avons vus alors se transformer sous nos yeux en petits Tyroglyphes octopodes non encore sexués.* Mais nous n'avions encore qu'une partie de la solution du problème; en cherchant bien, sur le champignon desséché, *nous*

---

(1) *Zeitschr. für Wiss. zool.*, t. XVIII, p. 445, Leipzig, 1868.

(2) *Journal de l'Anatomie...* 1868, n° 3, mai et juin.

(3) *Voir* le *Journal de l'Anatomie* de M. Ch. Robin, n° de juillet 1873.

avons fini par trouver des Tyroglyphes, à l'état de nymphe octopode, prêts à muer, présentant dans leur intérieur un Hypope tout formé. (Nous avons fait constater le fait par M. Robin, nous en avons dessiné toutes les phases, et des préparations microscopiques sont là pour en témoigner.)

» Ainsi les Hypopes ne sont autre chose qu'une phase de la vie de certains Acariens et, en particulier, des Tyroglyphes.

» Mais pourquoi ce changement temporaire de forme au milieu de leur existence? L'observation montre combien sont lents les mouvements des Tyroglyphes à scie, par exemple, et l'on se demande comment ils peuvent, dans l'état de nature, se transporter d'un champignon à l'autre. D'un autre côté, on constate que, privés d'humidité, ces Tyroglyphes, qui sont de véritables amphibies, meurent vite. Or, dans ces conditions, l'arrivée d'une sécheresse, qui fait disparaître les champignons à l'humidité, ferait disparaître aussi les Tyroglyphes et toute leur espèce, si la nature n'y avait pourvu par la transformation des nymphes en Hypopes. L'Hypope est certainement la forme acarienne qui résiste le mieux aux influences extérieures : nous en avons vu faire encore des mouvements après un bain d'une demi-heure dans l'essence de térébenthine, qui tue si vite tous les autres Acariens, surtout ceux qui ne sont protégés par aucune carapace, comme presque tous les Sarcoptides. La cuirasse complète qui couvre entièrement l'Hypope, la faculté qu'il a de fermer hermétiquement sa bouche (qui existe quoi qu'en dise Dujardin) avec sa lèvre, comme avec un clapet, la faculté qu'il a de vivre longtemps expliquent le fait. Pour fuir les endroits désolés par la sécheresse, il a, en outre, l'instinct et les moyens de se cramponner et d'adhérer solidement, par ses ventouses abdominales, à tous les petits êtres plus agiles que lui qui passent à sa portée, ce qui en fait un admirable agent de dissémination. Nous avons retrouvé notre petit Hypope sur des Coléoptères et des Diptères, parfaits ou à l'état de larve, sur des Arachnides (Faucheurs, Hombidions, Gamases, etc.), et surtout sur des Myriapodes. Ainsi ce n'est pas un vrai parasite; il n'est pas spécial à tel ou tel insecte ou autre animal.

» L'Hypope n'est donc autre chose qu'une *nymphe cuirassée, adventive, hétéromorphe,* chargée de la conservation de la dissémination de l'espèce d'acarien qui passe par cette forme dans son évolution. »

ANATOMIE. — *Recherches pour servir à l'histoire de la digestion chez les oiseaux.* Note de M. **Jobert**, présentée par M. Ch. Robin.

« Dans les Traités classiques d'Anatomie et de Physiologie comparée, le gésier des oiseaux est considéré comme un organe *exclusivement* triturateur, les fonctions chimiques étant dévolues entièrement au renflement succenturié.

» Depuis quelques années, la structure de l'estomac musculeux a été l'objet de recherches nombreuses. Mollin a décrit des glandes situées dans l'épaisseur de la muqueuse qui tapisse la face interne; Leydig a figuré des organes de ce genre dans la description de l'estomac du Héron, et il considère le revêtement jaune épais que recouvre la muqueuse comme un produit de sécrétion des glandes profondes. Curschman a étudié les mêmes glandes et a découvert, dans l'épaisseur du revêtement épithélial, des tubes pleins qu'il considère comme des produits de sécrétion et dont la réunion intime constitue la masse jaune pidermoïde ; il nie énergiquement la communication de ces tubes avec l'intérieur de la cavité du gésier et refuse d'admettre la possibilité d'une réaction acide de la part du liquide sécrété par les glandes, idée émise en Hollande, mais peu acceptable. Le liquide pris dans le gésier pouvant provenir du ventricule succenturié, j'ai pu, au laboratoire des Hautes Études, étudier de nombreux gésiers. Celui de l'Autruche (*Struthio camelus*) m'a présenté une structure absolument différente de celle figurée par Curschman.

» Les tubes excréteurs des glandes, très-gros, s'ouvrent à l'extérieur d'une façon manifeste. Quelques-uns des canaux sont tortueux comme ceux des glandes de la sueur dans l'épiderme, le liquide sécrété est limpide, d'une réaction acide extrêmement énergique ; il rougit le papier de tournesol immédiatement, et fournit avec l'oxyde de zinc un sel soluble de zinc mis en évidence par la cristallisation ou à l'aide de la réaction du sulfhydrate d'ammoniaque qui donne, avec la liqueur extraite du gésier, chauffée avec l'oxyde de zinc convenablement préparé, un précipité blanc de sulfure de zinc. La réaction n'est pas douteuse. Je ne saurais donc me ranger à l'opinion de Curschman, anatomiquement et physiologiquement. Les glandes du gésier sont particulièrement intéressantes chez l'Autruche, et cette disposition a échappé à l'observateur allemand.

» Elles sont disposées en culs-de-sac nombreux qui viennent aboutir à un tube central excréteur et ce tube lui-même offre des cloisons incom-

plètes qui tendent à le diviser, ce qui lui donne l'apparence d'un moule cannelé.

» Chez le Pélican qui ne possède pas de gésier, les glandes que j'appellerai acides, tout en existant sur toute la surface de l'estomac, sont cependant extrêmement nombreuses; vers le pylore, dans l'étendue de 2 centimètres, on n'y trouve plus de glandes à pepsine, à grandes cellules rondes, les glandes acides étant à épithélium pavimenteux. Chez le Flamant rose, le gésier offre à considérer des glandes nombreuses isolées et non groupées, comme l'a vu Mollin chez quelques Gallinacés. Chez le Pigeon, elles sont isolées également et la sécrétion est acide au plus haut degré.

» Il faut donc considérer le gésier non comme un organe exclusivement triturateur, mais comme un estomac chimique également et chargé de sécréter un liquide acide. J'ai pu avec le liquide recueilli obtenir une dissociation des cellules nerveuses des ganglions du sympathique, comme MM. Faivre et Polaillon l'ont fait avec du suc gastrique de Mammifères. Avec le liquide du ventricule succenturié, M. Cl. Bernard m'a dit n'avoir jamais pu obtenir de digestions artificielles. Ce fait ne saurait étonner, après les observations que j'ai l'honneur de communiquer à l'Académie. En terminant cette Communication, je constaterai :

» 1° L'absence, dans le jabot du Pélican, du Flamant, du Poulet, de toute espèce de glande;

» 2° Dans les glandes de leur œsophage, une disposition anatomique analogue à celle de glandes du gésier de l'Autruche; celles-ci sont analogues elles-mêmes à celles du ventricule succenturié; on y observe des cloisons incomplètes.

» J'attribuerai donc aux glandes du gésier un rôle actif dans la digestion et non la fonction de sécréter du mucus. Quant à la nature de l'acide, je ne saurais être affirmatif. On n'est pas encore fixé sur ce point de Physiologie, même en ce qui concerne les grands Mammifères. Les cristaux obtenus par le moyen que j'ai décrit (oxyde zinc) ont la forme de longues aiguilles qui se groupent entre elles et forment des pinceaux. C'est là l'aspect des cristaux de l'acétate de zinc observés au microscope; la ressemblance est parfaite, mais ce caractère ne me paraît pas suffisant pour affirmer, et de nouvelles recherches chimiques sont indispensables pour déterminer la nature de l'acide élaboré. »

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *Observations sur quelques liquides de l'organisme des Poissons, des Crustacés et des Céphalopodes ;* Note de MM. **Rabuteau** et **F. Papillon**, présentée par M. Ch. Robin.

« Nous avons l'honneur de soumettre à l'Académie quelques-uns des résultats des études que nous avons faites récemment au laboratoire de M. Coste, à Concarneau, sur la physiologie des Poissons, des Crustacés et des Mollusques.

» *Liquide péritonéal de divers Poissons.* — On rencontre dans le péritoine des raies un liquide parfois très-abondant. Ce liquide, auquel nous avons trouvé une densité moyenne de 1,021, est neutre et souvent légèrement acide. Les acides nitrique et chlorhydrique n'y déterminent aucune coagulation ni à froid, ni à chaud. Le tannin y produit un trouble blanchâtre assez considérable, qui se rassemble par la chaleur. Ce liquide contient donc une petite quantité d'une matière albuminoïde particulière, laquelle forme une couche peu épaisse à la surface du liquide, lorsqu'on évapore celui-ci au bain-marie.

» Ce liquide filtré, abandonné à lui-même, reste inodore pendant un temps d'autant plus long que la température est plus basse. Au bout d'un jour (en mai), il répand une odeur ammoniacaler qui appelle aussi celle de la méthylamine. Traité par le procédé de Leconte, ce liquide fournit une quantité considérable d'azote; ainsi 25 grammes de ce liquide ont donné jusqu'à 160 centimètres cubes de ce gaz. D'où provient cet azote? Nous avons évaporé le liquide du cinquième au dixième de son volume primitif et y avons ajouté de l'acide nitrique qui l'a fait prendre en masse cristalline. 315 grammes du liquide ont donné plus de 12 grammes de ces cristaux (180 grammes d'un autre échantillon, traités par l'acide oxalique, ont formé $5^{gr},2$ d'oxalate). Les cristaux obtenus avec l'acide nitrique contiennent une forte proportion d'urée, ainsi que l'ont signalé, il y a quelques années, Stœdeler et Frerichs, et qu'a bien voulu le vérifier M. Wurtz au moyen des produits préparés par nous; mais l'odeur de méthylamine qu'ils dégagent lorsqu'on les traite par la potasse y atteste la présence d'une autre substance. Bien que nos études sur ce point soient inachevées, nous invoquons dès maintenant, à l'appui de l'existence de cet autre corps, la formation d'un chlorhydrate cristallin, qui s'obtient en traitant les résidus de l'évaporation du liquide par l'acide chlorhydrique liquide. L'urée ne donne pas de chlorhydrate dans de pareilles circonstances, et celui que nous avons préparé laisse dégager, lorsqu'on le traite par la potasse,

un gaz *combustible* et doué d'une odeur pénétrante de méthylamine (1).

» Le liquide péritonéal de la torpille et du squale présente des réactions à peu près identiques. 9 grammes de liquide de torpille ont fourni 38 centimètres cubes d'azote. Cette proportion, inférieure à celle de la raie, tient probablement à ce que la torpille était à jeun depuis bien longtemps. Le liquide du squale nous a donné des cristaux d'un nitrate déliquescent qui, traité par la potasse, a exhalé une forte odeur de méthylamine.

» *Autres liquides.* — L'analyse d'un certain nombre d'autres humeurs et de parties solides de l'organisme des Plagiostomes nous a fait voir qu'elles contiennent toutes ces corps à la putréfaction desquels on peut attribuer l'odeur caractéristique des Poissons et que nous considérons comme des mélanges d'urée et d'une *urée composée.* Le liquide péricardique du squale bouclé est légèrement acide, se trouble par la chaleur, mais non par les acides, et donne pour 10 grammes 65 centimètres cubes d'azote. 20 grammes de liquide intestinal d'une raie ont donné 182 centimètres cubes d'azote. La liqueur provenant du lavage des reins de raie dégage aussi par le réactif Leconte une abondante proportion de ce gaz. 2 grammes d'urée de raie en donnent 15 centimètres cubes. Enfin les œufs de raie, traités par la potasse, exhalent une très-forte odeur de méthylamine.

» *Liquides digestifs.* — Le suc gastrique de raie est d'une grande acidité. Évaporé à siccité au bain-marie, il donne un résidu qui, traité par l'eau, n'est nullement acide. Distillé au bain-marie, il a dégagé des vapeurs dont la condensation a fourni un liquide incolore qui donne, avec le nitrate d'argent, un précipité de chlorure. Il s'est donc dégagé de l'acide chlorhydrique du suc gastrique de raie. Nous n'y avons pas rencontré d'acide bromhydrique, dont on aurait pu admettre l'existence dans ce liquide. Toutefois, ce suc gastrique renferme du brome à l'état de bromure, ainsi qu'on s'en assure en évaporant plusieurs grammes de suc gastrique avec un peu de potasse pure, incinérant, traitant par l'eau, ajoutant de l'acide azotique renfermant des vapeurs nitreuses, et agitant avec du sulfure de carbone. Traitée par le procédé de Leconte, cette humeur a fourni de l'azote, mais en très-petite quantité : 26 grammes de liquide ont donné 7 centimètres cubes d'azote. 26 grammes de ce suc gastrique contenaient $1^{gr},05$ de matières solides. Le suc pancréatique des mêmes Poissons présente une *acidité* constante, comme toutes les autres humeurs de ces animaux.

---

(1) Nous avons fait l'examen de ces produits avec le concours obligeant de M. Silva.

» *Sang.* — Le sang de poulpe ne donne au spectroscope aucune bande d'absorption. Il bleuit légèrement à l'air, et perd sa teinte bleue lorsqu'on y fait passer un courant d'acide carbonique. Si on l'agite de nouveau à l'air, il reprend sa couleur bleue. Le sang de crabe, notamment celui du crabe tourteau, présente des phénomènes identiques. Rien de plus net que ces alternatives de coloration en bleu par l'air et de décoloration par l'acide carbonique. Ces faits sont en contradiction avec ceux que Harless, Schlossberger et d'autres observateurs ont signalés relativement au sang du calmar, de la seiche et de l'élédone. Nous n'avons pu nous procurer ces derniers Céphalopodes; mais, pour ce qui regarde le poulpe, le doute ne nous paraît pas possible touchant l'influence colorante de l'air et décolorante de l'acide carbonique.

» Le sang du poulpe et celui du crabe offrent d'autres analogies. Tous deux renferment une matière coagulable que l'acide nitrique, à froid, colore en jaune, et dissout chaud en produisant un liquide de même couleur. L'acide chlorhydrique dissout cette matière en bleu violet pâle. Nous avons recherché l'urée, dans le sang de crabe, par le procédé Leconte. Dans un premier essai, 59 centimètres cubes de ce liquide, préalablement traités par le sous-acétate de plomb, ont donné 30 centimètres cubes d'azote. Dans une seconde expérience, 77 centimètres cubes de sang débarrassé d'albumine et évaporé au bain-marie jusqu'au volume de 25 centimètres cubes, ont fourni, par le procédé Leconte, 21 centimètres cubes d'azote.

» Nous avons examiné aussi, à plusieurs reprises, le sang du squale et de la raie, et nous y avons rencontré de l'urée en proportion beaucoup plus considérable, c'est-à-dire que nous avons obtenu avec ces humeurs d'énormes quantités d'azote. 85 grammes de sang de squale ayant été évaporés au bain-marie, on reprend le résidu par l'alcool, on évapore à nouveau la solution alcoolique, on reprend le nouveau résidu par l'eau, et l'on traite par l'acétate de plomb. Le produit obtenu donne, par le procédé Leconte, 202 centimètres cubes d'azote.

» Cette première partie de nos études est incomplète. Si nous n'avons pu leur donner tout le développement qu'elles comportent, c'est que l'établissement de Concarneau n'offrait pas, au moment où nous les y avons poursuivies, les ressources nécessaires pour les expériences de ce genre. M. Coste, que préoccupe incessamment le développement de tous les genres d'observations biologiques, y a fait construire depuis un laboratoire de chimie où l'on pourra trouver désormais les moyens de reprendre et de poursuivre les travaux de cet ordre. Ainsi agrandi, cet établissement, le

plus ancien de ceux qui ont été installés sur le bord de la mer pour les études physiologiques, pourra rivaliser, nous l'espérons, avec ceux que les Allemands, à son imitation, créent aujourd'hui à grands frais sur les côtes d'Italie.

» Dans une prochaine Communication, nous donnerons la suite de nos recherches. »

THERMOCHIMIE. — *Sur la chaleur de combustion des matières explosives.* Note de MM. **Roux** et **Sarrau**, présentée par M. Rolland.

« 1. Les recherches de M. Berthelot sur l'évaluation théorique de la force de la poudre et des matières explosives ont fait ressortir l'importance que présente, à ce point de vue, la mesure des quantités de chaleur dégagées par la combustion de ces substances. Le seul résultat expérimental de cette nature qui, à notre connaissance, ait été publié jusqu'à ce jour est celui que MM. Bunsen et Schischkoff ont fait connaître, pour une poudre semblable à notre poudre de chasse. Nous avons pensé qu'il ne serait pas sans intérêt d'installer à cet effet un appareil simple, peu coûteux, et d'un fonctionnement assez sûr et assez rapide pour faire de cette détermination le complément pratique des épreuves auxquelles sont soumises, au Dépôt central des Manufactures de l'État, les diverses matières explosives usitées dans la guerre ou dans l'industrie.

» 2. La déflagration se produit dans des bombes cylindriques en fonte, de 6 millimètres d'épaisseur, présentant une capacité intérieure de 270 à 280 centimètres cubes. Ces bombes sont fermées par un bouchon taraudé en bronze, que traverse un fil isolé, au moyen duquel on peut, par le passage d'un courant, porter au rouge un fil mince disposé dans l'intérieur et enflammer ainsi la substance. Elles plongent dans un vase en cuivre rouge, de $0^m,140$ de diamètre et $0^m,160$ de hauteur, renfermant $1^{kg},830$ d'eau. La température du bain s'évalue à l'aide d'un thermomètre gradué en dixièmes de degré, donnant à vue le centième. Pour avoir la chaleur dégagée, il suffit de porter le bain à une température sensiblement égale à celle de l'enceinte, de produire la déflagration et d'observer, en agitant l'eau, la variation de la température du bain. En désignant par Δ cette variation et par P le poids total *en eau* du calorimètre, la chaleur dégagée est $P\Delta$.

» 3. Voici maintenant les éléments du calcul d'une détermination :

Poudre de chasse fine d'Angoulême; charge de la bombe... 8 grammes.

Poids en eau du calorimètre :

Vase en cuivre rouge.................	$0^{kg},8806 \times 0^{kg},0951$	$= 0,0838$
Bouchons en bronze................	$0,3180 \times 0,0939$	$= 0,0299$
Bombe en fonte.................	$1,176 \times 0,130$	$= 0,1529$
Eau..		$= 1,8300$
Poids total P....................		$= 2,0966$

Excès observé de la température.........	$\Delta = 3^{\circ},07$
Chaleur dégagée par 8 grammes.........	$P\Delta = 6,4366$
Chaleur dégagée par 1 kilogramme.........	... $804^{cal},4$

» 4. Il existe deux causes d'erreur dont il n'est pas inutile d'apprécier, au moins approximativement, l'influence. La première est relative au rayonnement du calorimètre. On peut la corriger comme il suit. Soit τ le temps après lequel la température du bain s'accroît de Δ; en admettant que, pendant ce temps, la température s'abaisse uniformément et en raison de l'excès moyen $\frac{\Delta}{2}$, l'abaissement total sera $\frac{h\tau\Delta}{2}$, h étant la vitesse de refroidissement pour un excès égal à 1 degré. La chaleur perdue est donc $\frac{h\tau P\Delta}{2}$, d'où résulte une erreur relative

$$\varepsilon_1 = \frac{h\tau}{2}.$$

» Dans nos expériences, nous avons trouvé $h = 0^{\circ},00672$ et $\tau = 1',5$ environ; il en résulte $\varepsilon_1 = 0,00504$, soit $\frac{1}{200}$ environ. Cette correction est très-faible et l'on peut la négliger dans la pratique, ou, mieux, faire une compensation approximative en abaissant la température initiale du bain au-dessous de celle de l'enceinte, d'une quantité à peu près égale à la moitié de la variation Δ.

» 5. La seconde cause d'erreur résulte de la différence, généralement très-faible, qui existe entre les températures intérieure et extérieure de la bombe lorsque, après la déflagration, la température du bain atteint son maximum. Cette différence est telle, que le flux de chaleur qui en résulte à travers la paroi de la bombe compense, pendant un temps très-court, à partir de l'instant du maximum, la chaleur perdue par le rayonnement du calorimètre. On pourrait le calculer si l'on connaissait exactement, dans les conditions de l'expérience, le coefficient de conductibilité de la paroi de la bombe. En désignant, en effet, par k ce coefficient, par e et s l'épaisseur et la surface moyenne de la paroi, et par δ la différence de température

cherchée, on aurait

$$\frac{sk\delta}{e} = \mathrm{P}h\Delta.$$

» La quantité de chaleur perdue est celle qui est nécessaire pour maintenir à l'excès de température δ les produits de la combustion, et à l'excès moyen $\frac{\delta}{2}$ la masse de la bombe. Si donc on désigne par p le poids en eau des produits de la combustion augmenté du demi-poids en eau de la bombe, la chaleur perdue est

$$ph = \frac{eph.\mathrm{P}\Delta}{sk},$$

d'où résulte l'erreur relative

$$\varepsilon_2 = \frac{eph}{sk}.$$

» La valeur du coefficient k présente beaucoup d'incertitude, en raison de l'influence dominante de l'état des surfaces dans les phénomènes de conductibilité; en admettant, pour avoir une idée de l'importance de l'erreur commise, la valeur $k = 0,477$, que l'on obtient, pour le fer, en combinant les conductibilités relatives des barres métalliques obtenues par Despretz avec la valeur absolue trouvée par Péclet pour le coefficient de conductibilité du plomb, et prenant les valeurs déterminées directement

$$p = 0^{\mathrm{kg}},093, \quad e = 0^{\mathrm{m}},006, \quad s = 0^{\mathrm{m}},0319,$$

on trouverait

$$\varepsilon_2 = 0,00025.$$

» La correction qui en résulte paraît donc absolument négligeable. Il n'y aurait lieu d'y avoir égard que dans le cas où, pour accroître la résistance de la bombe d'épreuve, on jugerait à propos d'augmenter son poids et son épaisseur. Elle pourrait aussi devenir sensible si la déflagration se faisait dans une enveloppe formée d'une substance peu conductrice, le verre par exemple, dont le coefficient de conductibilité est $\frac{1}{36}$ de celui du fer.

» 6. C'est ainsi qu'ont été faites les déterminations suivantes, qui sont relatives aux diverses espèces de poudres fabriquées en France.

1. Espèce de la poudre.	2. Dosages. Salpêtre.	Soufre.	Charbon.	3. Calories dégagées par 1 kilogr. de poudre.	4. Poids des gaz par 1 kilogr.
Poudre de chasse fine........	78	10	12	807,3	0,337
» de guerre à canon.....	75	12,5	12,5	752,9	0,412
» à fusil dite B.........	74	10,5	15,5	730,8	0,414
» de commerce extérieur.	72	13	15	694,2	0,446
» de mine ordinaire.....	62	20	18	570,2	0,499

» La dernière colonne fait connaître la proportion de gaz permanents fournis par la combustion de chaque espèce de poudre. Pour avoir cet élément, on pèse, avant la déflagration, la bombe avec son chargement intérieur. A la fin de l'épreuve, on l'essuie avec soin, on laisse échapper les gaz en dévissant avec précaution le bouchon, et l'on pèse de nouveau. On a par différence le poids des gaz.

» Chacun des résultats inscrits dans les colonnes 3 et 4 est la moyenne de trois déterminations très-concordantes. Pour chaque série, l'écart moyen relatif des quantités de chaleur est inférieur à $\frac{1}{200}$. Les poids des gaz sont moins précis; leur approximation n'est que de $\frac{1}{50}$ environ.

» 7. M. Berthelot adopte *le produit du volume des gaz d'une poudre* (*réduit à zéro et à* $0^{m},760$) *par la quantité de chaleur dégagée* comme mesure relative de la pression exercée par un poids donné de cette poudre dans une capacité invariable. Si les poids spécifiques des gaz des diverses poudres étaient peu différents, on pourrait substituer leurs poids à leurs volumes, et mesurer la force relative des poudres à l'aide d'un élément beaucoup plus facile à déterminer par expérience; nous espérons élucider ce point par la mesure directe des volumes.

» Quoi qu'il en soit, il est remarquable que le produit des chiffres correspondants des colonnes 3 et 4 soit presque le même pour les cinq poudres. On pourrait en induire que leur force explosive est à peu près la même, et ce résultat est confirmé par des expériences qui nous ont permis de constater que les charges de rupture de nos bombes sont, dans tous les cas, comprises entre 15 et 17 grammes.

» Au contraire, le travail maximum que la poudre puisse développer par sa détente, mesuré par la quantité de chaleur dégagée, varie beaucoup suivant l'espèce de la poudre.

» 8. Nous remarquerons, en terminant, que les déterminations qui précèdent ont été toutes faites dans des conditions telles, que les produits de la combustion de 8 grammes de poudre occupent un volume de 275 cen-

timètres cubes, et présentent, par conséquent, une densité moyenne égale à 0,029. Il n'est pas impossible que l'on trouve des résultats sensiblement différents, en opérant dans d'autres conditions, puisque la température des fluides de la poudre peut varier avec leur densité, dans le cas où cette transformation, s'opérant à un état éloigné de l'état gazeux parfait, donnerait lieu à un travail sensible des forces intérieures. »

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Nouvelles expériences relatives à la théorie de la poussée des terres.* Note de M. **J. Curie**, présentée par M. Belgrand.

« Les nouvelles expériences qui font l'objet de la présente Note ont été exécutées, comme nous l'avons dit dans une précédente Communication (séance du 30 juin), avec le concours de l'*Association scientifique*. Elles ont pour but de permettre de vérifier quelle est celle des théories en présence qui mérite le plus de confiance.

» Selon nous, le mode de décomposition du poids du prisme de rupture que suppose l'ancienne théorie est celui qui correspond en réalité à la poussée exercée par un prisme solide. C'est ce que montre la petite expérience faite avec quelques briques placées dans la position d'équilibre représentée par la *fig. b*, qui est la copie d'une photographie et sur la

Fig. *b*.

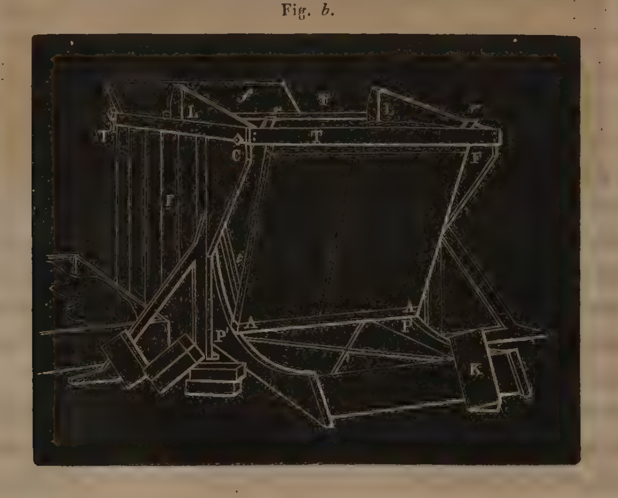


fig. c, où l'on voit que la brique qui joue le rôle du prisme de rupture repose en réalité sur deux points d'appui, ce qui implique qu'elle puisse se comporter comme un solide résistant à la flexion.

» D'après notre théorie, dans le cas des remblais dépourvus de cohésion, on doit d'abord décomposer le poids Q du prisme de rupture, appliqué à son centre de gravité, en deux forces, dont l'une, faisant l'angle φ avec la normale au plan de rupture, est détruite, tandis que l'autre $P = Q \frac{\cos(\varphi + V)}{\cos\varphi}$, parallèle à ce plan, est la *poussée primitive*. Si elle fait avec

Fig. *c*.



la normale à la paroi du mur un angle moindre que φ', c'est cette force P qui est la poussée. Si elle fait avec la normale un angle plus grand, elle se décompose à son tour en deux forces, l'une parallèle à la paroi du mur, qui sera transmise, par les terres appliquées contre la paroi, jusqu'au terrain solide et sera sans effet sur le mur, l'autre faisant l'angle φ' avec la normale à la paroi du mur, qui sera alors la *poussée effective* $\Pi = P \frac{\sin(\varepsilon + V)}{\cos\varphi'}$.

» Lorsque l'on a à craindre le renversement par rotation, on doit chercher la valeur de V pour laquelle le moment de P ou de Π par rapport à l'arête A est un maximum. Dans le premier cas, on doit examiner si l'équilibre peut exister entre la poussée la plus dangereuse P, la poussée Π la plus favorable à la stabilité et le poids de revêtement. Dans le deuxième cas, il n'y a à considérer que l'équilibre entre la poussée la plus dangereuse Π et le poids du revêtement. Lorsque toutes les poussées possibles P ont un même point d'ap-

plication L, on trouve celle dont le moment est maximum en joignant par une ligne droite l'arête antérieure A de la base du revêtement au point L et en menant parallèlement à cette ligne une tangente à la courbe qui a pour rayons vecteurs les poussées appliquées en L. Le point de tangence est l'extrémité de la poussée cherchée. En combinant ensuite cette poussée dangereuse P avec la poussée Π la plus favorable à la stabilité et avec le poids du revêtement, on obtient une résultante qui doit passer par le point A si le système est exactement en équilibre (*fig. e*).

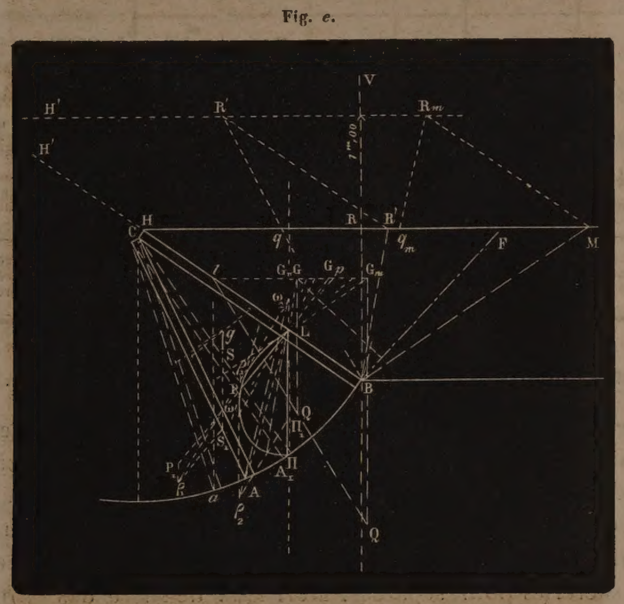
Fig. *d*.



» L'appareil au moyen duquel nous avons fait nos expériences, et qui est représenté par la *fig. b*, faite d'après une photographie, se compose de deux plateaux carrés, de 1 mètre de côté, réunis suivant une de leurs arêtes supérieures par des charnières, recouverts sur leurs faces externes de sable collé au silicate de potasse et dont on fait varier l'écartement au moyen d'une tige articulée que l'on allonge ou raccourcit à volonté au moyen d'un verrin, les axes des articulations de cette tige passant par les centres de gravité des plateaux. Les plateaux sont posés sur des profils de base P en arc de cercle, dont le centre est sur l'axe des charnières de tête. Des tringles *t*, coupées à la longueur voulue pour chaque expérience, maintiennent à la base la rigidité du système, et des platines, à surface de râpe,

vissées aux points des plateaux qui s'appuient sur la base, rendent impossible, par leur frottement, tout glissement sur cette base. Des ailes L, fixées à la caisse F qui renferme le sable, au moyen d'un boulon correspondant à l'axe des charnières, et autour duquel elles peuvent tourner, portent des rebords que l'on amène en prolongement du plateau intérieur, dont ils sont séparés par un joint de quelques millimètres. Quand ils sont à l'incli-

Fig. *e*.



naison voulue, on maintient les ailes en les clouant contre la caisse avec de fortes pointes. On recouvre les joints au moyen des règles *r* qui portent en plein sur les rebords et ne font que toucher les arêtes latérales du plateau. Pendant qu'on effectue le remblai, la tête des plateaux est soutenue au moyen d'un coin K qu'on engage entre le plateau extérieur et la traverse T de la caisse. Après l'enlèvement de ce coin, si le revêtement n'est pas en équilibre, il commence à se renverser d'autant plus lentement que le système sera plus voisin de la position d'équilibre. Si le système présente une légère stabilité, on le constate en déterminant le renversement au moyen d'un petit effort de traction appliqué à la partie supérieure du revêtement. On peut ainsi déterminer par tâtonnements deux cordes de base, très-peu différentes l'une de l'autre, et telles que pour l'une il y ait une faible stabilité, tandis que pour l'autre il n'y aurait pas équilibre.

» Voici les résultats de nos expériences :

(Données générales : $\varphi = \varphi' = 33°30'$, $p = 1555^{kg}$; poids de revêtement : 53^{kg}.)

Nos de la série.	Valeur de ε.	État du sable.	Corde de base : à vide.	Corde de base : d'après la théorie : ancienne.	Corde de base : d'après la théorie : nouvelle.	Corde de base : d'après l'expérience.	Observations.
1	55°.00'	Très-sec.	m 0,692	m 0,423 (2)	m 0,565 (3)	m 0,556 0,545	Renversement par un effort des deux mains. Renversement spontané, immédiat.
1	55.00	Humide, légère cohésion (1).	»	»	0,553	0,548	Renversement par un effort de deux doigts.
2	27.30	Très-sec.	»	0,395	0,462	0,462 0,450 (4)	Renversement par un effort de deux doigts de chaque main. Renversement spontané, très-lent.
»	4.00	Idem.	»	0,350	0,350	»	Exp. non faite, accord des 2 théories sur la longueur de la corde de base.
»	0.00	Idem.	»	0,335	0,324	»	Expérience non faite.

(1) $\psi = 42°30'$, $k = 0,188$, $p = 1383$ kil. — (2) Voir *fig. d*. — (3) *Fig. b* et *e*. — (4) Par suite de l'humidité atmosphérique (28 février 1873), le sable avait repris un talus $\psi = 35°$, ce qui donnerait $0^m,455$ pour la corde de base, d'après notre théorie; pour le sable tout à fait sec, l'expérience aurait, par suite sans doute, donné $0^m,457$, d'après les résultats de la première série.

CHIMIE APPLIQUÉE. — *Note sur le turbinage des vins gelés; par* M. **Melsens**.

« Les expériences dont j'ai entretenu l'Académie, au sujet des vins congelés, avaient surtout pour objet de mettre hors de doute l'absence totale d'alcool dans la glace produite au milieu du liquide vineux. J'avais dû chercher, en conséquence, un procédé mécanique propre à produire l'exacte séparation des glaçons solides et du vin concentré. La turbine en usage dans les sucreries pour séparer les cristaux de sucre des sirops qui les baignent était naturellement indiquée pour cet objet, et je n'ai eu qu'à me louer de son emploi, pour la solution du petit problème de physique que je m'étais posé.

» Quant à l'application à faire de ce procédé pour l'amélioration pratique des vins, qui s'était offerte bientôt à ma pensée, j'apprends que MM. Mignon et Rouart, habiles constructeurs d'appareils frigorifiques, ont déjà indiqué l'emploi de la presse hydraulique et de la turbine à force centrifuge pour le traitement des vins congelés, dans un brevet du 26 juin 1872, dont je n'avais pas connaissance. »

M. Trémaux adresse une Note tendant à montrer que « les limites de combinaisons et de décompositions électriques constatées par MM. *P. et Arn. Thenard* sont des cas particuliers de la loi générale qu'il a considérée comme base du Principe universel ».

A 5 heures un quart, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Commission chargée de préparer une liste de candidats à la place d'Académicien libre, laissée vacante par le décès de M. *de Verneuil*, présente la liste suivante :

En première ligne . . . M. DE LESSEPS.

En deuxième ligne, par ordre alphabétique . . .
- M. BRÉGUET.
- M. DU MONCEL.
- M. JACQMIN.
- M. SÉDILLOT.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 7 heures un quart. D.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

L'Académie a reçu, dans la séance du 7 juillet 1873, les ouvrages dont les titres suivent :

La charpie de l'ambulance de l'Administration des Postes. Pansement immédiat par le soldat des blessures sur le champ de bataille; par le Dr E. LANTIER. Paris, P. Asselin, 1873; br. in-8°.

Conservation des membres blessés par armes à feu perfectionnées; par le Dr E. LANTIER. Paris, P. Asselin, 1872; br. in-8°.

(Ces ouvrages sont adressés par l'auteur au Concours Montyon, Médecine et Chirurgie, 1874.)

Notice sur l'appareil d'induction électrique de Ruhmkorff; par le Comte Th. DU MONCEL; 5e édition. Paris, Gauthier-Villars, 1867; 1 vol. in-8°.

Traité théorique et pratique de télégraphie électrique; par le Comte Th. DU MONCEL. Paris, Gauthier-Villars, 1864; in-8°.

Exposé des applications de l'électricité; par le Comte Th. DU MONCEL; t. I, II, IV, V, 1er fascicule. Paris, Hachette et Mallet-Bachelier, 1856-1862; 4 vol. in-8°, avec planches.

Recherches sur la non-homogénéité de l'étincelle d'induction; par le Vicomte Th. Du Moncel. Paris, Leiber et Faraguet, 1860; 1 vol. in-8°.

Étude des lois des courants électriques au point de vue des applications électriques; par le Vicomte Th. Du Moncel. Paris, Hachette et Mallet-Bachelier, 1860; in-8°.

Notice sur le câble transatlantique; par le Comte Th. Du Moncel. Paris, Gauthier-Villars, 1869; in-8°.

Recherches sur les meilleures conditions de construction des électro-aimants; par le Vicomte Th. Du Moncel. Paris, Gauthier-Villars; Caen, Le Blanc-Hardel, 1871; in-8°.

Étude du magnétisme et de l'électromagnétisme au point de vue de la construction des électro-aimants; par le Vicomte Th. Du Moncel. Paris, Hachette et Mallet-Bachelier, 1858; in-8°.

Exposé des applications de l'électricité; par le Comte Th. Du Moncel. *Technologie électrique.* Paris, Gauthier-Villars, 1873; 2 vol. in-8°.

Rapport de M. le Comte Th. Du Moncel *sur les effets produits dans les piles à bichromate de potasse en général et avec les sels excitateurs de MM. Voisin et Dronier en particulier.* Paris, Gauthier-Villars, 1872; br. in-8°.

Sur le terrain qui recouvre les plateaux d'Othe aux confins du département de l'Aube et de l'Yonne; par M. Meugy. Mayenne, imp. Derenne, sans date; br. in-8°.

Mémoires de la Société académique d'Agriculture, des Sciences, Arts et Belles-Lettres du département de l'Aube; t. VIII, 3e série, année 1871. Troyes, Dufour-Bouquot, 1872; in-8°.

(*La suite du* Bulletin *au prochain numéro.*)

ERRATA.

(Séance du 16 juin 1873.)

Tome LXXVI, p. 1497, ligne 13, *au lieu de* MM. Lauth et Baubigny demandent l'ouverture d'un pli cacheté, déposé par eux dans la séance précédente, *lisez* MM. Lauth et Baubigny demandent l'ouverture d'un pli cacheté, déposé par eux dans la séance du 10 juin 1872.